



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. № 1 (96)

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. № 1 (96)

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

БАРМИН А. Н., д-р геогр. 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;

Сванидзе 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. № 1 (96).

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. 1 (96)

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 i globalnaya energiya / Geology,
Geography and Global Energy. 2025. No. 1 (96).

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

ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Артамонова С. В., Куделина И. В., Леонтьева Т. В., Фатюнина М. В.</i> Особенности естественных геофизических полей Оренбургского Приуралья	8
<i>Галянина Н. П.</i> Генетические типы аномалий естественной радиоактивности восточной части Оренбургской области	13
<i>Иванова Я. А., Мухитанова А. З., Саушин А. С.</i> Оборудование для подводной добычи нефти	17
<i>Саушин А. З., Саушин А. С., Серебряков А. О.</i> Разработка газоконденсатных месторождений с высоким содержанием в их составе кислых компонентов	21

ГИДРОГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Бешенцев В. А., Абдрашитова Р. Н., Александров А. С., Ковяткина Л. А., Семенова Т. В.</i> Химическая совместимость пластовых и закачиваемых сточных вод на Еты-Пуровском нефтегазоконденсатном месторождении Западной Сибири	26
<i>Куделина И. В., Леонтьева Т. В., Фатюнина М. В., Гаев И. А.</i> Гидрогеологические факторы устойчивого развития вододефицитных территорий	41

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

<i>Лиев К. Б., Куцев С. А.</i> Современные методы обследования повреждений сельскохозяйственных растений от града	47
<i>Синцов А. В., Бармин А. Н., Васильев А. Ю., Синцова Н. В.</i> Современное содержание меди в почвенном покрове урбанизированных территорий Северного Прикаспия	54
<i>Тарасов А. А.</i> Создание картографических моделей растительности Кроноцкого государственного заповедника методами контролируемой классификации по космическим снимкам и биоклиматическим данным	60
<i>Чикин А. Ю., Луговской А. М., Межова Л. А.</i> Методические подходы к оценке реставрации садово-парковых ландшафтов как объектов природно-культурного наследия	68

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Березина А. М., Петров А. Ю.</i> Роль комплексных кадастровых работ в управлении земельными ресурсами с применением геоинформационных технологий	73
<i>Столярова Е. М., Сорокин А. П., Бурукина Е. А., Занозин В. В.</i> Применение данных дистанционного зондирования земли для мониторинга почвенного покрова и сельскохозяйственных культур	82

ГЕОЭКОЛОГИЯ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Агоева Э. А., Ламашвили Л. С., Хаширова С. Ю., Агоев А. А.</i> Частицы микропластика в водах и почвах Кавказа	91
---	----

Безуглова М. С., Крыжановская Г. В., Шарова И. С. Геоэкологические особенности территории Нижнего Поволжья и возможности организации и использования аптекарских огородов и ботанических садов.....	103
Максимович Н. В., Тарасов А. А., Иванова А. С., Онацкая И. Э. Анализ размещения рекламы психоактивных веществ на территории г. Санкт-Петербурга.....	112
Су Шаочуань, Луговской А. М., Межова Л. А. Геоэкологические проблемы угольной промышленности Китая.....	121
Шакирова В. В., Садомцева О. С. Биоуглеродные сорбенты как перспективные материалы для очистки воды	125
Шарова И. С., Филиппова К. Г., Колесников А. С. Анализ современного влияния рекреационной деятельности на природные комплексы Астраханской области	130
Евдокимова Е. В., Иванова Е. Ю., Кулакова М. В., Моргунов И. А. Комплексная гидрохимическая оценка качества вод реки Мещерики в границах городского округа Лобня Московской области.....	137
АННОТАЦИЯ	146
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА	147
ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ.....	153

CONTENTS

GENERAL AND REGIONAL GEOLOGY (GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

<i>Artamonova S. V., Kudelina I. V., Leonteva T. V., Fatyunina M. V.</i> Features of the natural geophysical fields of the Orenburg region.....	8
<i>Galyanina N. P.</i> Genetic types of anomalies of natural radioactivity in the eastern part of the Orenburg region.....	13
<i>Ivanova Ya. A., Mukhitanova A. Z., Saushin A. S.</i> Equipment for underwater oil production	17
<i>Saushin A. Z., Saushin A. S., Serebryakov A. O.</i> Development of gas condensate fields with a high content of acidic components in their composition.....	21

HYDROGEOLOGY (GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

<i>Beshentsev V. A., Abdrashitova R. N., Alexandrov A. S., Kovyatkina L. A., Semenova T. V.</i> Chemical compatibility of formation and injected wastewater at the Yety-Purovsky oil and gas condensate field in Western Siberia	26
<i>Kudelina I. V., Leonteva T. V., Fatyunina M. V., Gaev I. A.</i> Hydrogeological factors of sustainable development of water-deficient territories	41

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

<i>Liev K. B., Kushchev S. A.</i> Modern methods of inspecting damage to agricultural plants from hail.....	47
<i>Sintsov A. V., Barmin A. N., Vasiliev A. Yu., Sintsova N. V.</i> Current copper content in the soil cover of urbanized areas of the Northern Caspian region	54
<i>Tarasov A. A.</i> Creation of cartographic models of vegetation for the Kronotsky state nature reserve using supervised classification methods based on satellite imagery and bioclimatic data	60
<i>Chikin A. Yu., Lugovskoy A. M., Mezheva L. A.</i> Methodical approaches to assessment of restoration of landscape gardens as objects of natural and cultural heritage	68

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING (GEOGRAPHICAL SCIENCES)

<i>Berezina A. M., Petrov A. Yu.</i> Role of integrated cadastral works in land resource management using geoinformation technologies	73
<i>Stolyarova E. M., Sorokin A. P., Burukina E. A., Zanozin V. V.</i> Use of remote sensing data for monitoring soil cover and crops.....	82

GEOECOLOGY (GEOGRAPHICAL SCIENCES)

<i>Agoev E. A., Lamashvili L. S., Hashirova S. Yu., Agoev A. A.</i> Microplastic particles in the waters and soils of the Caucasus.....	91
<i>Bezuglova M. S., Kryzhanovskaya G. V., Sharova I. S.</i> Geoecological features of the territory of the Lower Volga region and the possibilities of organizing and using pharmacy gardens and botanical gardens	103
<i>Maksimovich N. V., Tarasov A. A., Ivanova A. S., Onatskaya I. E.</i> Analysis of the placement of advertisements for psychoactive substance advertising in the city of St. Petersburg	112

<i>Su Shaochuan, Lugovskoy A. M., Mezhova L. A.</i>	
Geoeological problems of China's coal industry.....	121
<i>Shakirova V. V., Sadomceva O. S.</i>	
Biocarbon sorbents as promising materials for water purification	125
<i>Sharova I. S., Filippova K. G., Kolesnikov A. S.</i>	
Analysis of the current impact of recreational activities on the natural complexes of the Astrakhan region.....	130
<i>Evdokimova E. V., Ivanova E. Yu., Kulakova M. V., Morgunov I. A.</i>	
Comprehensive hydrochemical assessment of the water quality of the Meshcherikha River within the boundaries of the Lobnya city district of the Moscow region	137
ABSTRACT	146
RULES FOR AUTHORS	147
ORDER OF REVIEWING.....	153

ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 8–12.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):8–12 (In Russ.).

Научная статья

УДК 550.3

<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.001>

ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ОРЕНБУРГСКОГО ПРИУРАЛЬЯ

Артамонова Светлана Владимировна¹, Куделина Инна Витальевна², Леонтьева Татьяна Васильевна^{3✉}, Фатюнина Марина Владимировна⁴

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹kudelina.inna@mail.ru

²kudelina.inna@mail.ru

³tvleon@mail.ru✉

⁴marinafat81@mail.ru

Аннотация. В разных регионах Земли средняя интенсивность геофизических полей определяется совокупностью нормальной и аномальной природных составляющих, которые зависят от геофизических координат или общих геолого-тектонических условий. В настоящее время стремительно развивается направление «Эко-геофизика», изучающее как природные, так и техногенные изменения естественной природной среды и их влияние на человека. Целью исследования является изучение зависимости естественных геофизических полей Оренбургского Приуралья от особенностей геологического строения территории. В результате сделан вывод, что их умеренные изменения не следует рассматривать как фактор трансформации экологической обстановки. Но ситуация изменяется благодаря воздействию на окружающую среду техногенными физическими полями. В результате организмам приходится приспосабливаться к непривычным для них условиям, которые могут привести к нарушению устойчивости в животном и растительном мире.

Ключевые слова: естественные геофизические поля, экологическая обстановка, геолого-тектонические условия

Для цитирования: Артамонова С. В., Куделина И. В., Леонтьева Т. В., Фатюнина М. В. Особенности естественных геофизических полей Оренбургского Приуралья // *Геология, география и глобальная энергия.* 2025. № 1 (96). С. 8–12. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.001>.

FEATURES OF THE NATURAL GEOPHYSICAL FIELDS OF THE ORENBURG REGION

Svetlana V. Artamonova¹, Inna V. Kudelina², Tatyana V. Leonteva^{3✉}, Marina V. Fatyunina⁴
Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹kudelina.inna@mail.ru

²kudelina.inna@mail.ru

³tvleon@mail.ru✉

⁴marinafat81@mail.ru

Abstract. In different regions of the Earth, the average intensity of geophysical fields is determined by a combination of normal and abnormal natural components that depend on geophysical coordinates or general geological and tectonic conditions. Currently, the field of ecogeophysics is rapidly developing, studying both natural and man-made changes in the natural environment and their impact on humans. The purpose of the study is to study the dependence of the natural geophysical fields of the Orenburg region on the features of the geological structure of the territory. As a result, it is concluded that their moderate changes should not be considered as a factor in the transformation of the environmental situation. But the situation is changing due to the impact on the environment of man-made physical fields. As a result, organisms have to adapt to conditions that are unusual for them, which can lead to a violation of stability in the animal and plant world.

Keywords: natural geophysical fields, ecological situation, geological and tectonic conditions

For citation: Artamonova S. V., Kudelina I. V., Leonteva T. V., Fatyunina M. V. Features of the natural geophysical fields of the Orenburg region. *Geology, Geography and Global Energy.* 2025;1(96):8–12. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.001> (In Russ.).

Введение

В разных регионах Земли средняя интенсивность полей определяется совокупностью нормальной и аномальной природных составляющих, которые зависят от геофизических координат или общих геолого-тектонических условий.

Человеческий организм, как и остальные живые организмы, находится под воздействием природных гравитационных, магнитных и электрических полей. Механизм воздействия этих полей на человека и восприятие их человеческим организмом изучено еще недостаточно. Что касается гравитационного поля, то существует объяснение механизма его восприятия живыми организмами. В частности, у человека таким органом восприятия гравитации является вестибулярный аппарат. С другой стороны, каждая клетка организма также воспринимает гравитационное поле. Согласно гипотезе президента Краснодарского краевого центра ЮНЕСКО академика АМТН В. В. Литвина, между двумя сигналами, несущими в мозг человека информацию о гравитационном поле, может быть согласованность или рассогласование, что может проявиться в нескоординированных движениях, отклонениях воспроизведенных движений от задуманных.

Магнитное поле Земли влияет на организмы животных и человека вследствие наличия магнетита органического происхождения в различных частях тела (у птиц – в передней части черепа, у человека, по-видимому, – в надпочечниках и коре головного мозга). В живых организмах могут возникать магнитные поля и за счет ионных биотоков. В целом напряженность магнитных полей организмов на 2–5 порядков меньше геомагнитного поля. Тем не менее взаимодействия между ними существуют.

В настоящее время стремительно развивается, благодаря трудам В. А. Богословского, В. Т. Трофимова и других сотрудников Московского и Санкт-Петербургского университетов целое направление – экогеофизика, изучающее как природные, так и техногенные изменения естественной природной среды и их влияние на человека [1, 2]. Мы рассматриваем только природные геофизические поля и аномалии, существующие в Оренбургском Приуралье.

Исходные материалы для изучения особенностей естественных геофизических полей Оренбургского Приуралья собраны в полевых условиях и в производственных фондах Комитета по природным ресурсам, в лабораториях Оренбургского госуниверситета, в отделе геоэкологии ОФИЦ УрО РАН.

Результаты и обсуждение. Гравитационное поле Земли и его отдельных участков возрастает с ростом широты. Для Оренбургской области, учитывая широтное расположение, эта закономерность не имеет практического значения. На характер гравитационного поля здесь сказывается прежде всего литологический состав пород, тектоническая обстановка и рельеф [3, 4].

Плотностные свойства горных пород и связанных с ними руд колеблются от 1 до 5 г/см³. Плотность изверженных и метаморфических пород определяется в основном их минералогическим составом и возрастает по мере перехода от кислых к основным и ультраосновным породам в связи с увеличением содержания железосодержащих минералов. Для осадочных пород плотность определяется прежде всего пористостью и водонасыщенностью и в меньшей степени минералогическим составом [5, 6]. В зависимости от геологической обстановки эффективная плотность колеблется незначительно. Так, для кристаллического фундамента и осадочного комплекса пород (а это западная часть Оренбургской области) разница плотностей составляет 0,1–0,3 г/см³. Судя по средним значениям плотностей пород Орского Урала, минимальное значение 2,65 г/см³ характерно для кремнистых сланцев и кремнистых туффитов, максимальное – 2,95 г/см³ – для пироксенитов, для руд (медноколчеданных) – 4,40 г/см³. Для территории Орского Зауралья минимальное значение 2,14 г/см³ характерно для глин, песка, песчаников, максимальное – для пироксенитов – 2,96 г/см³. Для руд минимальное значение для медистых магнетитов – 3,60 г/см³, максимальное – 5,48 г/см³ – для хромитов.

Данные о гравитационном поле области представлены на картограмме (рис. 1). Судя по нему, интенсивность гравитационного поля на территории области колеблется от долей до первых десятков (сотен) миллигал, т. е. интервал составляет два порядка. Региональная составляющая учтена путем ввода поправки Буге.

Согласно представлениям П. В. Лядского [8], для западной части области характерно очень спокойное, сглаженное, положительное гравитационное поле интенсивностью от 0 до +40 мГл. Отдельные аномальные участки обусловлены тектоническими особенностями фундамента.

Прикаспийская синеклиза, в силу ее структурных особенностей, характеризуется ступенчатым полем, интенсивность которого нарастает от 0 на севере до 70 мГл на юге.

Предуральский краевой прогиб, выполненный многокилометровой толщей осадочных пород, имеет очень сложное мозаичное поле интенсивностью от –10 до –70 мГл, которое нарастает с севера на юг.



Рисунок 1 – Картограмма гравитационного поля территории Оренбургской области
(по материалам П.В. Лядского) [6–8]

Западноуральская внешняя зона складчатости, сложенная однородными породами карбона, характеризуется очень спокойным, однородным, отрицательным гравитационным полем с узким интервалом значений от -30 до -50 мГл.

Центрально-Уральское поднятие, сложенное вулканогенно-осадочными и метаморфическими толщами пород, имеет более сложное, но также отрицательное меридионально-вытянутое гравитационное поле с интенсивностью от -30 , до -40 на западе до 0 на востоке.

Магнитогорский прогиб характеризуется меридионально-вытянутым очень сложно построенным гравитационным полем, с интенсивностью от $+40$ до $+80$ мГл на своих крыльях, сложенных 15 – 20 -километровой толщей базальтоидов и очень спокойным, слабым сглаженным полем от $+10$ до $+20$ мГл в своей осевой части, выполненной юрскими осадочными породами. Крайние части крыльев также характеризуются узкими очень слабыми полями от 0 до $+10$ мГл. Переходная зона к Восточно-Уральскому поднятию также представлена довольно сглаженным гравитационным полем интенсивностью от 0 до $+10$ мГл.

Вся восточная часть области (Восточно-Уральское и Зауральское поднятие, Восточно-Уральский и Кустанайский прогибы) имеет меридионально-вытянутые, отрицательные, сложно построенные поля интенсивностью от -10 до -60 мГл. Повышенным полям соответствуют прогибы, а пониженным – поднятия. Первые сложены преимущественно вулканогенно-осадочными образованиями, вмещающими массивы пород основных и ультраосновного состава, вторые – метаморфическими и гнейс-магматитовыми комплексами, вмещающими крупные массивы кислых пород. Все интрузивные комплексы (а их мощность достигает 15 и более км) фиксируются четкими, изометричными полями. Узкие вытянутые структуры, сложенные недифференцированными базальтоидами диабаз-сланцевой формации, фиксируются узкими очень интенсивными гравитационными полями. То же касается и зон глубинных разломов.

Магнитное поле в целом, как и гравитационное, растет с ростом широты. На фоне общего роста напряженности имеются отклонения (аномалии), обусловленные магнитными свойствами пород. Магнитная восприимчивость пород имеет очень большой диапазон колебаний 5 порядков и зависит от содержания ферромагнитных минералов. Этот показатель возрастает от практически немагнитных осадочных пород к метаморфическим и кислым магматическим, достигая максимума у ультраосновных пород.

На территории Орского Урала среднее значение магнитной восприимчивости колеблется от минимума – 200 у лав, лавобрекчей, туффинов до максимума – $1\,200$ у габбро-диабазов, на территории Орского Зауралья от минимума – 2 у известняков до максимума – 770 у серпентинитов; у руд от минимума – 3 у массивных медноколчеданных до максимума – $65\,000$ (в 10^{-6} ед. СГС) у медистых магнетитов.

Естественно, что на характер магнитного поля сказывается и глубина залегания, и мощность тех или иных пород.

На общую картину магнитного поля накладывают свой отпечаток и вариации магнитного поля, которые весьма переменчивы.

Интенсивность магнитного поля колеблется от долей до тысяч нТл (γ). Магнитное поле рассматриваемой территории отличается большей сложностью, мозаичностью, нежели гравитационное, в связи с тем, что на него больше сказываются близповерхностные образования (рис. 2).

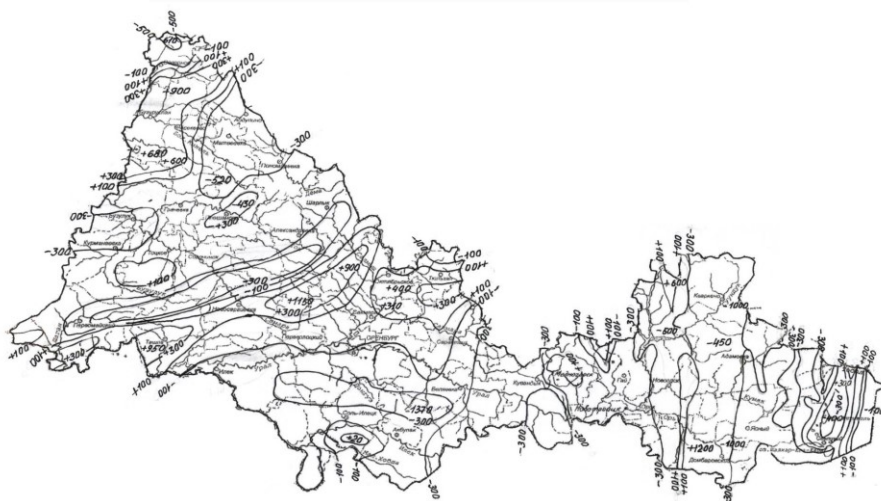


Рисунок 2 – Картограмма магнитного поля территории Оренбургской области
(по материалам П.В. Лядского) [8]

Западная платформенная часть области, в отличие от центральной и восточной, характеризуется более спокойным и менее интенсивным полем. Здесь четко выделяется ряд зон, рассекающих территорию с юго-запада на северо-восток. Интенсивность этих зон составляет от +500 до +1 000 нТл на общем фоне от –100 до –400 нТл.

Предуральский краевой прогиб аналогично гравитационному полю характеризуется очень сложным мозаичным магнитным полем. Оно четко подразделяется на северное (до широты р. Сакмары) и на южное поле (до границ с Казахстаном). Первое – положительное от +100 до +400 нТл, второе – отрицательное от –100 до –400 нТл.

Зона Уральской внешней зоны складчатости, как и в случае с гравитационным полем, имеет довольно спокойное, ровное отрицательное магнитное поле интенсивностью около –300 нТл.

Центральное Уральское поднятие, в силу сложного геологического строения (состава, тектоники), характеризуется довольно сложно построенным мозаичным преимущественно отрицательным магнитным полем интенсивностью от –200 до –300 нТл, на котором выделяются отдельные участки с интенсивностью от 0 до +200 нТл.

Магнитогорский прогиб представлен спокойным слабо отрицательным (от 0 до –200 нТл) полем в своей осевой части (юрские отложения мощностью до 300 м) и очень сложным мозаичным полем на своих крыльях. Поле здесь в основном отрицательное (от –200 до –300 нТл) с отдельными полосами, особенно на восточном крыле (район Мусогатского массива, к югу от Новоорского массива до участка Тюле) положительного поля интенсивностью от +200 до +500 нТл.

Восточное крыло Магнитогорского прогиба и западное крыло Восточно-Уральского поднятия имеет наиболее сложное и наиболее мозаичное поле относительно всей территории области. Величина градиента магнитного поля здесь максимальная. Интенсивность поля колеблется от –300 до –500 нТл.

Восточное крыло Восточно-Уральского поднятия и западное крыло Восточно-Уральского прогиба характеризуется более спокойным слабо мозаичным полем. Интенсивность его от –200 до –300 нТл.

Осевая часть Восточно-Уральского прогиба и Зауральского поднятия имеет мозаичное отрицательное поле (от –200 до –400 нТл), которое осложнено породами рамы гипербазитового массива и тектоническим швом между зонами, которые представлены положительным магнитным полем интенсивностью от +300 до +500 нТл с очень высоким градиентом.

Выводы. Естественные геофизические поля и их аномалии в Оренбургском Приуралье связаны с особенностями геолого-тектонического разнообразия территории. Влияние геофизических полей на живые организмы и человека в настоящее время находится в стадии изучения [9, 10]. Их умеренные циклические или периодические изменения, наблюдаемые с древнейших времен и по сей день, не следует рассматривать как фактор трансформации экологической обстановки, тающей угрозу существованию человека как биологического вида. Но ситуация изменяется благодаря наличию мощных средств воздействия на окружающую среду, в том числе техногенными физическими полями.

Техногенные физические поля в сочетании с естественными формируют новые для биосферы энергетические условия. В экосистемах возникает дисбаланс, причем иногда на критическом уровне. Происходит насыщение электромагнитными и другими искусственно создаваемыми физическими полями, изменяются микросейсмичность локального и даже регионального уровня, возникает так называемая наведенная сейсмичность, повышается радиационный фон и т. д. В результате всем без исключения организмам приходится приспосабливаться к непривычным для них условиям, которые не всегда соотносятся с их адаптивными реакциями и могут привести к нарушению устойчивости в животном и растительном мире.

Список литературы

1. Богословский В. А. Экологическая геофизика. Москва: МГУ, 2000. 256 с.
2. Виноградов А. М. Геофизические особенности геоэкологического картирования Южного Урала // Оптимизация природопользования и охрана окружающей среды Южно-Уральского региона. Оренбург: ОГУ, 1998. С. 253–255.
3. Гаев А. Я., Новоселицкий В. М., Чадаев М. С. К структурно-геологическому истолкованию гравимангнитных данных // Геология Урала и Приуралья. 1969. № 48. С. 126–132.
4. Геофизика / под ред. В. К. Хмелевского. Москва: МГУ, 2007. 320 с.
5. Лядский П. В., Кваснюк Л. Н., Жданов А. В., Чечулина О. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (3-е поколение). Серия Уральская. Лист М-40 (Оренбург) с клапаном М-41. Объяснительная записка. Санкт-Петербург: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 392 с.
6. Колодов Ю. А. Магнетизм в биологии. Москва, 1976. 96 с.
7. Попова О. Б. Геоэкологические методы оценки и прогнозирования тепловых ресурсов природно-техногенных ландшафтов Оренбургской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Оренбург, 2005. 17 с.

References

1. Bogoslovsky V. A. *Ecological geophysics*. Moscow: Moscow State University; 2000:256 (In Russ.).
2. Vinogradov A. M. Geophysical features of geoecological mapping of the Southern Urals. *Optimization of nature management and environmental protection of the South Ural region*. Orenburg: OSU; 1998:253–255 (In Russ.).
3. Gaev A. Ya., Novoselitsky V. M., Chadaev M. S. Towards a structural and geological interpretation of gravimagnetic data. *Geology of the Urals and the Urals*; 48:126–132 (In Russ.).
4. *Geophysics*. Edited by V. K. Khmelevsky. Moscow: Moscow State University; 2007:320 (In Russ.).
5. Lyadsky P. V., Kvasnyuk L. N., Zhdanov A. V., Chechulina O. V. et al. *State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (3rd generation). The Ural series. Sheet M-40 (Orenburg) with valve M-41. Explanatory note*. Saint Petersburg: Cartographic factory VSEGEI; 2013:392 (In Russ.).
6. Kolodov Yu. A. *Magnetism in biology*. Moscow; 1976:96 (In Russ.).
7. Popova O. B. *Geoecological methods of assessment and forecasting of thermal resources of natural and man-made landscapes of the Orenburg region: author's dissertation of the Candidate of Geographic Sciences*. Orenburg; 2005:17 (In Russ.).

Информация об авторах

Артамонова С. В. – кандидат географических наук, доцент кафедры геологии, геодезии и кадастра;
Куделина И. В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии, геодезии и кадастра;
Леонтьева Т. В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии, геодезии и кадастра;
Фатюнина М. В. – старший преподаватель кафедры геологии, геодезии и кадастра.

Information about the authors

Artamonova S. V. – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre;
Kudelina I. V. – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre;
Leontieva T. V. – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre;
Fatyunina M. V. – Senior Lecturer at the Department of Geology, Geodesy and Cadastre.

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 02.12.2024; одобрена после рецензирования 13.01.2025; принята к публикации 28.01.2025.

The article was submitted 02.12.2024; approved after reviewing 13.01.2025; accepted for publication 28.01.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 13–16.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):13–16 (In Russ.).

Научная статья
УДК 551.26:621.039.7(470.56)
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.002>

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ АНОМАЛИЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Галаянина Наталья Петровна
Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
galyanina@list.ru

Аннотация. Внимание к радиоактивности горных пород в различных геотектонических районах восточной части Оренбургской области связано с выявлением в процессе геологоразведочных, поисковых и эксплуатационных работ, многочисленных аномалий радиоактивности. Радиоактивные аномалии установлены в скважинах, в горных выработках на отрабатываемых месторождениях полезных ископаемых, в почвенном воздухе и воде. Высокий уровень радиоактивности в природных средах определяет потенциальную радиационную опасность и должен учитываться при развитии городских и сельских инфраструктур, при оценке состояния радиационной обстановки региона.

Ключевые слова: радиоактивные аномалии, генетические типы аномалий естественной радиоактивности, структурно-формационные зоны

Для цитирования: Галаянина Н. П. Генетические типы аномалий естественной радиоактивности восточной части Оренбургской области // *Геология, география и глобальная энергия.* 2025. № 1 (96). С. 13–16. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.002>.

GENETIC TYPES OF ANOMALIES OF NATURAL RADIOACTIVITY IN THE EASTERN PART OF THE ORENBURG REGION

Natalia P. Galyanina
Orenburg State University, Orenburg, Russia
galyanina@list.ru

Abstract. Attention to the radioactivity of rocks in various geotectonic regions of the eastern part of the Orenburg region is associated with the identification of numerous radioactivity anomalies during geological exploration, prospecting and operational work. Radioactive anomalies have been found in wells, in mine workings at mined mineral deposits, in soil air and water. The high level of radioactivity in natural environments determines the potential radiation hazard and should be taken into account in the development of urban and rural infrastructures, in general, when assessing the state of the radiation situation in the region.

Keywords: radioactive anomalies, genetic types of anomalies of natural radioactivity, structural and formation zones

For citation: Galyanina N. P. Genetic types of anomalies of natural radioactivity in the Eastern part of the Orenburg Region. *Geology, Geography and Global Energy.* 2025;1(96):13–16. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.002> (In Russ.).

Введение

Сложное геологическое строение восточной части Оренбургской области определяется крупными структурно-формационными зонами: Западно-Уральской внешней зоной складчатости, Центрально-Уральским поднятием, Тагило-Магнитогорским прогибом, Восточно-Уральским поднятием, Восточно-Уральским прогибом, Зауральским поднятием, Тагило-Кустанайским прогибом. Каждая из выделенных зон характеризуется определенной геодинамической направленностью развития, а также особенностями геологического строения. В строении выделяют интрузивные, вулканогенные, вулканогенно-терригенные, терригенно-карбонатные разновозрастные комплексы горных пород. Нижний геолого-структурный этаж протерозойского и кембрийского возраста, средний – соответствует ордовикско-верхнепалеозойскому времени, верхний – мезозойско-кайнозойскому возрастному циклу.

Приуроченность различных литолого-фациальных комплексов горных пород к определенным структурно-формационным зонам, наличие повышенных концентраций радионуклидов в зонах складчатости интрузивных образований позволяет выявить ряд закономерностей в размещении аномалий на исследуемой площади [1].

Материалы и методы исследований

Применена комплексная методика при изучении радиоактивности территории восточной части Оренбургской области с анализом и обобщением повышенных концентраций и особенностей образования радионуклидов в природе, факторов контроля скоплений разных генетических типов аномалий.

Систематизированы материалы по доступным литературным и фондовым источникам, радиометрической изученности структурно-формационных зон Восточного Оренбуржья, учтены сведения аномальной радиоактивности горных пород, природных вод и месторождений полезных ископаемых [1, 2].

Результаты и обсуждение

Всего на территории Восточного Оренбуржья площадью 48 тыс. кв. км зарегистрировано 560 аномалий естественного радиационного фона [3]. Аномалии разнотипной природы отличаются приуроченностью к различным литогенетическим типам и размещены неравномерно в структурно-формационных зонах. Восточная мегазона, включающая Восточно-Уральское поднятие и Тагило-Магнитогорский прогиб, отличается наибольшей насыщенностью радиоактивных аномалий. Радиационный фон заметно осложнен в Центрально-Уральском поднятии, остальные складчатые зоны включают ограниченное число участков, аномальных по содержанию радионуклидов (рис. 1).

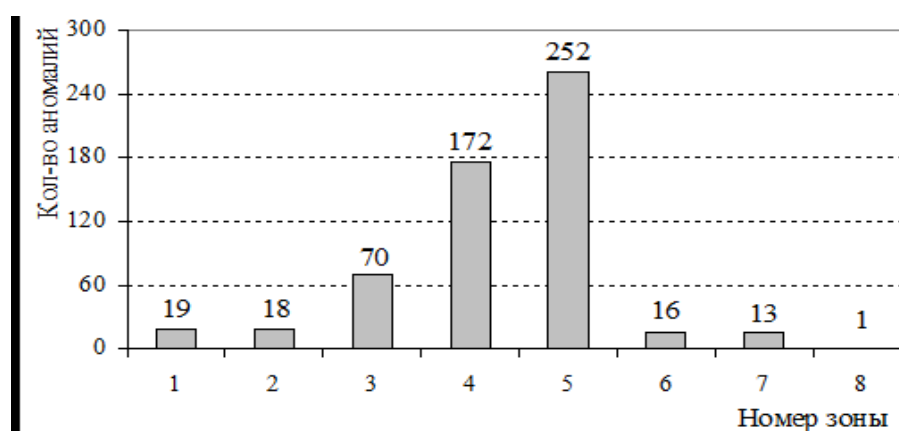


Рисунок 1 – Распределение радиоактивных аномалий по структурно-формационным зонам:
1) Предуральский краевой прогиб; 2) Западно-Уральская внешняя зона складчатости;
3) Центрально-Уральское поднятие; 4) Тагило-Магнитогорский прогиб; 5) Восточно-Уральское поднятие;
6) Восточно-Уральский прогиб; 7) Зауральское поднятие; 8) Тагило-Кустанайский прогиб.

Важной характеристикой естественной радиоактивности, определяющей радиологию территорий, является разнообразие комплексов горных пород – магматических, осадочных, вулканогенно-осадочных, урановая или ториевая природа радиоактивности, интенсивность гамма-излучения, содержание радионуклидов в объеме породы. Отсюда и многообразие генезиса повышенных концентраций радионуклидов в исследуемом районе.

На территории Восточного Оренбуржья выделяется 11 генетических типов аномалий естественной радиоактивности двух крупных групп: эндогенной и экзогенной [3]. Значительную группу аномальных участков можно отнести к эндогенной группе – это аномалии магматического, пегматитового и гидротермального типов. К экзогенной группе относятся скопления, образованные без участия глубинного источника компонентов, в условиях поверхностного и приповерхностного залегания пород, – это сингенетические типы седиментационно-диагенетический, экзодиагенетический, осадочный (россыпи) [3, 4]. Скопления в уже сформированной породе, образованные в ходе привноса радиоактивных компонентов, представляют эпигенетический инфильтрационный, грунтово-инфильтрационный, урано-битумный, а также две разновидности собственно гипергенного – в связи с поверхностным окислением и в связи с формированием кор выветривания (рис. 2).

Аномалии экзогенной группы наиболее распространены, составляют 72 % от общего количества всех участков с повышенной радиоактивностью. Выделяется гипергенный генетический тип в связи с корами выветривания, в равной мере часто встречаются скопления радионуклидов седиментационно-диагенетического и грунтово-инфильтрационного типов. Все остальные генетические типы скопления радионуклидов экзогенной группы не пользуются значительным распространением. К примеру, урано-битумный тип, широко развитый в районах Западного Оренбуржья, на исследуемой территории почти не встречается, исключение составляет проявление Пресняковское в Предуральском краевом прогибе [3, 6].

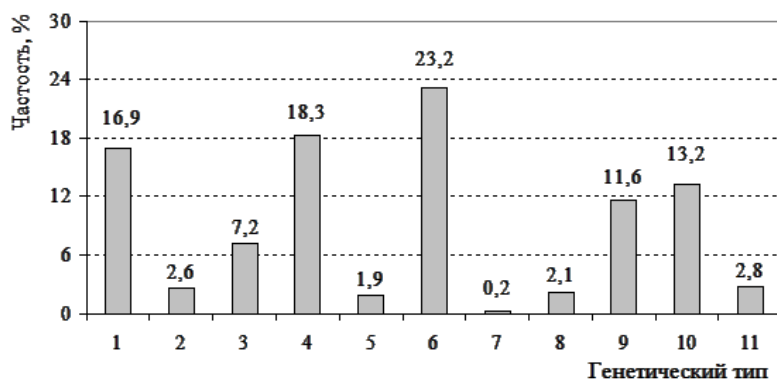


Рисунок 2 – Частота встречаемости скоплений радионуклидов различных генетических типов:
1) седиментационно-диагенетический; 2) экзодиагенетический; 3) эпигенетический-инфильтрационный;
4) грунтово-инфильтрационный; 5) осадочный (россыпи); 6) гипергенный в связи с корами выветривания;
7) урано-битумный; 8) гипергенный в связи с поверхностным окислением; 9) магматический;
10) гидротермальный; 11) пегматитовый

Среди аномалий эндогенной группы соотношение гидротермального и магматического генетических типов примерно равное [5]. Меньшей распространенностью и частотой встречаемости отличаются скопления радионуклидов пегматитового типа в связи с небольшим содержанием пегматитов в составе магматических комплексов.

Картина распространения и частоты встречаемости аномалий различных генетических типов на территории Восточного Оренбуржья сложная и отличается дифференцированностью (табл.).

Таблица – Распределение генетических типов аномалий естественной радиоактивности на площади исследований

Генетический тип скоплений радионуклидов	Структурно-формационные зоны							
	Предуральский край-вой прогиб	Западно-Уральская внешняя зона складчатости	Центрально-Уральское поднятие	Тагило-Магнитогорский прогиб	Восточно-Уральское поднятие	Восточно-Уральский прогиб	Зауральское поднятие	Тагило-Кустанайский прогиб
Седиментационно-диагенетический	6	13	40	17	20	1	–	–
Экзодиагенетический	2	–	3	6	4	–	–	–
Эпигенетический-инфильтрационный	7	3	14	9	8	–	–	–
Грунтово-инфильтрационный	3	–	–	27	63	7	4	1
Осадочный (россыпи)	–	–	–	2	8	–	1	–
Гипергенный в связи с корой выветривания	–	2	4	42	73	3	10	–
Урано-битумный	1	–	–	–	–	–	–	–
Гипергенный в связи с поверхностным окислением	–	–	1	6	4	1	–	–
Магматический	–	–	3	17	44	2	1	–
Гидротермальный	–	–	5	48	22	1	–	–
Пегматитовый	–	–	–	2	14	–	–	–

Широко выявленная в районе исследований аномальная радиоактивность экзогенной группы проявлена вследствие деятельности подземных кислородных и грунтовых вод, существенного развития процессов гипергенеза-окисления и формирования кор выветривания [7]. Экзогенные концентрации радионуклидов выделяются четко выраженной литолого-фациальной глинисто-алевролитовой приуроченностью к старично-пойменным, озерным, болотным накоплениям, обогащенным углистой битумной органикой. Экзодиагенетические аномалии тяготеют к красноцветным и пестроцветным континентальным толщам, для которых характерен диагенез в субаэральных условиях. При выделении радиоактивностей близповерхностном залегании кор

выветривания хорошо диагностирована вертикальная смена окисленных пород неокисленными, при относительно одинаковых глубинах залегания радиоактивного интервала.

Выводы

На фоне сложного геологического строения Восточного Оренбуржья, многообразия структурно-формационных зон и литолого-стратиграфических комплексов горных пород выделяются следующие положения:

1. Радиационный фон исследуемой площади отличается присутствием большого числа аномалий радиоактивности.
2. Максимальное количество участков повышенной радиоактивности выделяются в Тагило-Магнитогорском прогибе и Восточно-Уральском поднятии.
3. Установленные одиннадцать генетических типов аномалий естественной радиоактивности на исследуемой площади отличаются дифференцированностью.
4. Наиболее распространены аномалии экзогенной группы, куда входят скопления, образованные в условиях поверхностного и приповерхностного залегания пород.

Список литературы

1. Галанина Н. П. Природная радиоактивность горных пород территории Восточной части Оренбургской области // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф. Оренбург: ОГУ, 2019. С. 1099–1102.
2. Галанина Н. П., Куделина И. В. Анализ аномалий радиоактивности на месторождениях твердых полезных ископаемых Восточного Оренбуржья // Экология развития общества. 2019. № 4 (31). С. 79–85.
3. Гацков В. Г., Тараборин Д. Г., Жвалов А. П., Тараборина Н. В. Радиационно-экологическая окружающая природной среды в Оренбургской области. Этап II. Выявление аномальной радиоактивности естественного происхождения в разрезах скважин на территории восточной части Оренбургской области. Геологический отчет. Оренбург: ОренбургНИПИнефть, 2000. 114 с.
4. Данчев В. И., Перельман А. И., Стрелянов Н. П. и др. Геология и генезис месторождений урана в осадочных и метаморфических толщах. Москва: Недра, 1980. 270 с.
5. Левин Е. В., Галанина Н. П. Геологические условия формирования радиоактивных подземных вод на территории Восточного Оренбуржья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 16 (68). С. 212–216.
6. Тараборин Д. Г., Гацков В. Г., Демина Т. Я. Радиология нефтегазоносных районов Западного Оренбуржья. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2003. 160 с.
7. Тараборин Д. Г. Оценка состояния радиационной обстановки горнорудных районов Южного Урала и основы районирования территории по степени радиационной опасности // Вестник Оренбургского государственного университета. 2005. № 5. С. 107–111.

References

1. Galyanina N. P. Natural radioactivity of rocks in the Eastern part of the Orenburg region. *University complex as a regional center of education, science and culture: materials of the All-Russian scientific methodical conference*. Orenburg: OSU; 2019:1099–1102 (In Russ.).
2. Galyanina N. P., Kudelina I. V. Analysis of radioactivity anomalies in the deposits of solid minerals of the Eastern Orenburg region. *Ecology of the Development of Society*. 2019;4(31):79–85 (In Russ.).
3. Gatskov V. G., Taraborin D. G., Zhvalov A. P., Taraborina N. V. *Radiation and environmental protection of the natural environment in the Orenburg region. Stage II. Detection of anomalous radioactivity of natural origin in sections of wells in the eastern part of the Orenburg region. Geological report*. Orenburg: Orenburgnpipeft; 2000:114 (In Russ.).
4. Danchev V. I., Perelman A. I., Strelyanov N. P. *Geology and genesis of uranium deposits in sedimentary and metamorphic strata*. Moscow: Nedra; 1980:270 (In Russ.).
5. Levin E. V., Galyanina N. P. Geological conditions of formation of radioactive groundwater in the territory of the Eastern Orenburg region. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2017;16(68):212–216 (In Russ.).
6. Taraborin D. G., Gatskov V. G., Demina T. Ya. *Radiology of the oil and gas bearing regions of Western Orenburg region*. Orenburg: IPK GO OSU; 2003:160 (In Russ.).
7. Taraborin D. G. Assessment of the radiation situation in the mining regions of the Southern Urals and the basics of zoning the territory according to the degree of radiation danger. *Bulletin of Orenburg State University*. 2005;5:107–111 (In Russ.).

Информация об авторе

Галанина Н. П. – старший преподаватель кафедры геологии, геодезии и кадастра.

Information about the author

Galyanina N. P. – Senior Lecturer of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.12.2024; одобрена после рецензирования 24.12.2024; принята к публикации 15.01.2025.

The article was submitted 13.12.2024; approved after reviewing 24.12.2024; accepted for publication 15.01.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 17–20.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):17–20 (In Russ.).

Научная статья
УДК 553
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.003>

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Иванова Яна Александровна¹, Мухитанова Аделя Захитовна^{2✉}, Саушин Александр Сергеевич³
^{1,2}Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия
³ООО «Газпром Добыча Астрахань», Астрахань, Россия
¹ivnyyana2601@gmail.com
²amukhitanova@bk.ru
³alex@saushin.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу современного оборудования, используемого для подводной добычи нефти, и охватывает ключевые аспекты технологий, применяемых в этой области. В ней рассматриваются различные системы подводного закачивания скважин, включая «мокрые», «сухие» и гибридные системы, а также их конструктивные особенности и преимущества. В статье отмечается, что «мокрые» системы составляют около 90 % всех подводных скважин и характеризуются разнообразием конструкций, включая фонтанную арматуру и сложные комплексы, размещенные на морском дне. Статья также описывает процесс установки и эксплуатации подводного оборудования, включая использование автономных гидравлических станций и телеуправляемых подводных аппаратов для обслуживания скважин. Кроме того, в работе рассматриваются современные тенденции в области технологий подводной добычи, такие как применение подводных манифольдов и трубопроводов для транспортировки углеводородов. Упоминается о значении надежности и устойчивости оборудования к агрессивным условиям морской среды. В заключение подчеркивается важность дальнейших исследований и разработок в области подводного оборудования для повышения эффективности и безопасности добычи нефти на глубоководных месторождениях.

Ключевые слова: подводный добывающий комплекс, шельф, манифольд, фонтанная арматура, райзер, компрессор, платформа

Для цитирования: Иванова Я. А., Мухитанова А. З., Саушин А. С. Оборудование для подводной добычи нефти // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 17–20. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.003>.

EQUIPMENT FOR UNDERWATER OIL PRODUCTION

Yana A. Ivanova¹, Adelya Z. Mukhitanova^{2✉}, Alexander S. Saushin³
^{1,2}Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia
³LLC “Gazprom Dobycha Astrakhan”, Astrakhan, Russia
¹ivnyyana2601@gmail.com
²amukhitanova@bk.ru
³alex@saushin.ru

Abstract. The article is devoted to the analysis of modern equipment used for underwater oil production and covers key aspects of technologies used in this field. It examines various subsea well injection systems, including wet, dry, and hybrid systems, as well as their design features and advantages. The article notes that «wet» systems account for about 90% of all underwater wells and are characterized by a variety of designs, including fountain fittings and complex complexes located on the seabed. The article also describes the process of installing and operating underwater equipment, including the use of autonomous hydraulic stations and remote-controlled underwater vehicles for well maintenance. In addition, the paper examines current trends in the field of underwater mining technologies, such as the use of underwater manifolds and pipelines for the transportation of hydrocarbons. It mentions the importance of reliability and stability of equipment to aggressive marine conditions. In conclusion, the importance of further research and development in the field of underwater equipment is emphasized in order to improve the efficiency and safety of oil production in deep-sea fields.

Keywords: subsea production complex, shelf, manifold, Christmas tree, riser, compressor, platform

For citation: Ivanova Ya. A., Mukhitanova A. Z., Saushin A. S. Equipment for underwater oil production. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):17–20. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.003> (In Russ.).

По данным недавних исследований, шельфовые углеводороды занимают более 5 % всех мировых разведанных запасов (порядка 300 миллиардов баррелей), что соответствует 12 % традиционного запаса нефти. В 2013 г. глубоководные запасы составили 6 % от общего объема мирового производства нефти. В 2035 г. ожидается, что эта доля увеличится до 11 % и приблизится к 9 миллион баррелей в сутки [1].

Научные исследования подводных недр продолжают сопутствовать открытию новых фактов. При этом отмечаются особенности, характерные для подводной добычи, включая: глубокие горизонты; значительное углубление пробуренных слоев; размещение объектов, отстоящих от действующего морского объекта; низкое пластовое давление и ряд других особенностей, требующих применения технологии искусственного поднятия.

Морские добывающие установки – это целая система специализированного оборудования и сооружений, находящихся на поверхности океана, на дне моря, а также подводные конструкции для разблокировки углеводородных ресурсов на шельфах или в открытых морях. К этому комплексу относятся: райзеры – специальные трубопроводы, перемещающие углеводороды из подводных скважин к наземным или подводным объектам; трубопроводы, по которым транспортируются добытые углеводороды; устройства контроля и управления технологическими процессами. Проблема создания подводных платформ для добычи углеводородов начала решаться с начала XX века. В 1925 г. в этом направлении был сделан большой шаг вперед: на Каспийском море была пробурена первая морская скважина на платформе из дерева. С этого момента начинается новая эпоха в добыче углеводородов. Прошло много десятилетий, и в 1949 г. была создана первая крупная платформа на искусственном острове «Нефтяные камни» 42 км от Апшеронского полуострова. Эта платформа вдохновила специалистов на дальнейшее строительство подводных платформ для добычи нефти у Каспийского моря [1, 3, 4].

Наступление новой эры подводного нефтедобычи связано с появлением первой стационарной платформы в Мексиканском заливе в 1938 г. С этого времени бурение морских скважин стало возможным, открыв новые горизонты для разработки углеводородных ресурсов [2].

Процесс начался в 1920-х, но с тех пор подводные технологии существенно эволюционировали.

Современные подводные технологии нефтедобычи представляют собой высокоэффективные и безопасные системы, способные извлекать углеводороды на морском дне.

1. Системы с влажным рабочим пространством.

В эту группу входят установки, способные функционировать на глубинах до 800–900 метров. Эти системы составляют приблизительно 90 % всех подводных скважин. Главным элементом таких установок выступает арматура фонтанов, а также подводные трубопроводы, манифольды и различные механизмы управления. Установки монтируются на морском дне и соединяются с подводными и надводными платформами.

2. Системы с сухим рабочим пространством.

Эти установки представляют собой герметичные камеры с устьевым оборудованием, которые работают под атмосферным давлением. Благодаря этой конструкции, появляется возможность проводить глубоководные работы без участия водолазов, что значительно снижает опасность для работников.

3. Гибридные системы.

В таких системах основное оборудование размещается на дне океана, а вспомогательные системы устанавливаются на трубопроводе, проходящем над уровнем воды. Такой подход позволяет оптимизировать затраты на ведение буровых работ.

Основные элементы подводного оборудования:

- подводные манифольды. Сборные станции для нефти и газа, установленные на дне моря, предназначенные для подводного транспорта углеводородов к бережным перерабатывающим станциям на больших глубинах, где давление среды весьма высокое;
- фонтанная арматура. Устьевое оборудование, установленное на устье скважины, используемое для регулирования давления и потока углеводородов. Обеспечивает надежное управление процессами, повышая безопасность и эффективность операций;
- трубопроводы подводного типа. Это весьма сложные конструкции, требующие высокой надежности и содержащие множество инженерных решений. Они соединяют подводные месторождения углеводородного сырья с береговыми перерабатывающими станциями, способны преодолевать огромные расстояния, выдерживать гигантские нагрузки;
- системы управления подводными установками. Обеспечивают контроль за процессами в реальном времени с удаленных пунктов наблюдения.

Применение данных систем позволяет осуществлять эффективную эксплуатацию подводных месторождений, значительно снижая затраты.

На фоне активного освоения арктических месторождений достижения в области подводной добычи углеводородов открывают новые горизонты для нефтегазовой отрасли. Внедрение высокоэффективных технологий подводной закачки на Кириновском газоконденсатном месторождении – это не просто шаг вперед, а целая эволюция, которая переворачивает представления о разработке ресурсов в экстремальных условиях. Исключение морских платформ стало

возможным благодаря оптимизации производственных процессов и значительному снижению углеродного следа.

Эти изменения не только делают добычу более безопасной и экологически чистой, но и открывают новую эру в освоении сложнейших арктических шельфов. Само Кириновское месторождение, находящееся в акватории Сахалина, стало новаторским полигоном для отработки технологий подводного закачивания с 2013 г., когда началась опытно-промышленная эксплуатация [4, 7].

Важнейшими моментами этого успешного проекта можно выделить следующие аспекты.

На дне океана размещаются подводные добывающие агрегаты, вес которых колеблется в пределах четырехсот тонн. В таких конструкциях совмещают от двух до четырех эксплуатационных скважин, что дает возможность производить отбор углеводородов без необходимости сооружения платформ. Таким образом, структурная организация ресурсотбора значительно снижает риски, связанные с воздействием стихийных бедствий. Кроме установки подводных фонтанных систем и систем управления производством углеводородов, перемещение добытых газов и конденсатов к береговому обрабатывающему комплексу осуществляется по трубопроводам и манометрам. Все работы по извлечению углеводородов выполняются без значительного воздействия на окружающую среду, что делает данную технологию особенно актуальной для хрупких экосистем. Проектная мощность Кириновского месторождения составляет 5,5 миллиардов кубометров газа в год, с перспективой открытия новых месторождений и увеличения производственных мощностей за счет развития подводных комплексов на других составляющих проекта «Сахалин-3», в частности на Южно-Кириновском [3, 5, 7].

Таким образом, в России впервые применили новейшие технологии подводной добычи нефти и газа на Кириновском углеводородном месторождении. Подводная добыча углеводородного сырья представляет собой технологически сложный процесс, включающий установку специального оборудования для бурения подводных скважин. Новейшие технологии подводной добычи стали неотъемлемой частью нефтяной отрасли. Современное подводное оборудование для добычи нефти и газа разрабатывается на основе технологий, освоенных еще в 1950-х гг. при бурении глубоководных скважин. Сначала шло освоение подводных нефтяных платформ. С ростом уровня моря подводные технологии добычи углеводородного сырья получают все большее признание. К 2050 г. уровень Мирового океана может подняться на 1 метр, что приведет к затоплению более 5 % прибрежных стран. Поэтому подводные технологии станут актуальным решением проблемы добычи нефти и газа в условиях изменения климата. Современные системы подводной добычи нефти и газа постоянно совершенствуются и дорабатываются, внедряются новейшие методы проектирования и освоения глубоководных газовых месторождений. Разработка новых технологий заканчивания скважин и эффективных систем управления позволяет обеспечить эффективную эксплуатацию глубоководных месторождений, что играет ключевую роль в обеспечении энергетической безопасности и устойчивом развитии нефтегазового сектора [3, 4, 5].

Список литературы

1. Арабов М. Ш., Арабов С. М. Особенности добычи нефти и газа на месторождениях Каспийского моря // Газовая промышленность. 2019. № 4. С. 46–49.
2. Звонова О. Авария в Мексиканском заливе: хроника событий и экологические последствия // Аргументы и Факты. 22.04.2014. URL: https://aif.ru/dontknows/file/avariya_v_meksikanskom_zalive_hronika_sobytiy_i_ekologicheskie_posledstviya.
3. Люгай Д. В., Мансуров М. Н. Эволюция в подводной добыче нефти и газа // Газовая промышленность. 2018. № 6. С. 46–51.
4. Мокшаев Т. А., Греков С. В. Опыт применения и перспективы развития систем подводной сепарации нефти и газа // Вести газовой науки. 2015. № 2 (22). С. 69–73.
5. НД № 2-090601-003. Правила классификации и постройки подводных добычных комплексов. Санкт-Петербург: РМРС, 2017. 106 с.
6. Хахимов А. Г. угли. Подводные добывающие комплексы // StudNet. 2021. № 2. С. 2.
7. Сахалин-3. Передовые технологии подводной добычи углеводородов. URL: <https://www.gazprom.ru/projects/sakhalin3>.

References

1. Arabov M. S., Arabov S. M. Features of oil and gas production in the fields of the Caspian Sea. *Gas Industry*. 2019;4:46–49 (In Russ.).
2. Zvonova O. Accident in the Gulf of Mexico: chronicle of events and environmental consequences. *Arguments and Facts*. 22.04.2014. URL: https://aif.ru/dontknows/file/avariya_v_meksikanskom_zalive_hronika_sobytiy_i_ekologicheskie_posledstviya (In Russ.).
3. Lugai D. V., Mansurov M. N. Evolution in underwater oil and gas production. *Gas Industry*. 2018;6:46–51 (In Russ.).

4. Mokshaev T. A., Grekov S. V. Experience in the application and prospects for the development of underwater oil and gas separation systems. *News of Gas Science*. 2015;2(22):69–73 (In Russ.).
5. ND № 2–090601–003. *Rules for the classification and construction of underwater mining complexes*. Saint Petersburg: RMRS; 2017:106 (In Russ.).
6. Khakimov A. G. ugli. Underwater mining complexes. *StudNet*. 2021;2:2 (In Russ.).
7. *Sakhalin-3. Advanced technologies of underwater hydrocarbon production*. URL: <https://www.gazprom.ru/projects/sakhalin3> (In Russ.).

Информация об авторах

Иванова Я. А. – студент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»;
Мухитанова А. З. – студент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»;
Саушин А. С. – ведущий инженер ООО «Газпром Добыча Астрахань».

Information about the authors

Ivanova Ya. A. – student of the department “Development and operation of oil and gas fields”;
Mukhitanova A. Z. – student of the department “Development and operation of oil and gas fields”;
Saushin A. S. – Leading Engineer of LLC “Gazprom Dobycha Astrakhan”.

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 05.12.2024; одобрена после рецензирования 26.12.2024; принята к публикации 13.01.2025.

The article was submitted 05.12.2024; approved after reviewing 26.12.2024; accepted for publication 13.01.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 21–25.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):21–25 (In Russ.).

Научная статья
УДК 622.276
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.004>

РАЗРАБОТКА ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ В ИХ СОСТАВЕ КИСЛЫХ КОМПОНЕНТОВ

Саушин Александр Захарович^{1✉}, Саушин Александр Сергеевич², Серебряков Андрей Олегович³

¹Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

²ООО «Газпром Добыча Астрахань», Астрахань, Россия

³Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия

¹a.saushin@mail.ru✉

²alex@saushin.ru

³sereb5@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы, возникающие при разработке газоконденсатных месторождений с высоким содержанием в составе пластового флюида сероводорода и углекислого газа (H₂S и CO₂). Существующие сегодня технологии очистки газа от кислых компонентов имеют высокие показатели вредных выбросов в атмосферу ПДВ. Уровень разрешенных ПДВ регламентируется природоохранным законодательством. Увеличить объем добываемого газа без снижения величин ПДВ невозможно. Предлагаются альтернативные схемы разработки газоконденсатного месторождения полностью, исключающие вредные выбросы в атмосферу.

Ключевые слова: газоконденсатное месторождение, сероводород, углекислый газ, газовый конденсат, АГК, процесс Клауса, процесс Сульфрин, хвостовые газы, печи дожигания, ПДВ, сайклинг-процесс

Для цитирования: Саушин А. З., Саушин А. С., Серебряков А. О. Разработка газоконденсатных месторождений с высоким содержанием в их составе кислых компонентов // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 21–25. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.004>.

DEVELOPMENT OF GAS CONDENSATE FIELDS WITH A HIGH CONTENT OF ACIDIC COMPONENTS IN THEIR COMPOSITION

Alexander Z. Saushin^{1✉}, Alexander S. Saushin², Andrey O. Serebryakov³

¹Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

²LLC «Gazprom Dobycha Astrakhan», Astrakhan, Russia

³Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

¹a.saushin@mail.ru✉

²alex@saushin.ru

³sereb5@mail.ru

Abstract. The article discusses the problems encountered in the development of gas condensate fields with a high content of hydrogen sulfide and carbon dioxide (H₂S and CO₂) in the reservoir fluid. The current technologies for gas purification from acidic components have high rates of harmful emissions into the atmosphere. The level of permitted personal protective equipment is regulated by environmental legislation. It is impossible to increase the volume of gas produced without reducing the MPF values. Alternative schemes for the development of a gas condensate field are proposed that completely eliminate harmful emissions into the atmosphere.

Keywords: gas condensate field, hydrogen sulfide, carbon dioxide, gas condensate, AGC, Claus process, Sulfrin process, tail gases, afterburning furnaces, PDV, Cycling process

For citation: Saushin A. Z., Saushin A. S., Serebryakov A. O. Development of gas condensate fields with a high content of acidic components in their composition. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):21–25. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.004> (In Russ.).

Разработка газоконденсатных месторождений с высоким содержанием H₂S и CO₂ (далее – кислых компонентов) в своем составе является сложной технической задачей по многим причинам. В данной статье рассматривается содержание кислых компонентов, соответствующее составу пластового флюида Астраханского газоконденсатного месторождения (АГКМ): H₂S более 25 %, CO₂ более 20 %. Основной задачей в разработке подобных месторождений является организация процесса сбора, подготовки и транспорта добываемого сырья перед дальнейшей транспортировкой до потребителей или использованием для собственных технологических нужд –

без его очистки от кислых компонентов это невозможно. Для очистки газа от таких примесей и доведения до требований государственных стандартов требуется строительство сложного газохимического комплекса. Таким образом, разработка газоконденсатного месторождения становится не столько задачей разработки месторождения, сколько предметом глубокой химической переработки углеводородного сырья со всеми вытекающими экологическими проблемами и проблемами безопасности при работе с агрессивными, коррозионноактивными веществами, в том числе нервнопаралетическим ядом (H_2S). При любом способе разработки газоконденсатных месторождений имеет место вредное воздействие на окружающую среду. В случае АГКМ, при работе с большим содержанием агрессивных компонентов в добываемом сырье, вредные выбросы будут иметь решающее значение при выборе способа разработки месторождения и тем более с выбором технологии химической переработки и очистки газа.

Количество вредных веществ, допустимых к выбросу в окружающую среду (ПДВ – предельно допустимый выброс) регламентируется природоохранным законодательством. На основании п. 1 ст. 14 ФЗ от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» «выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарным источником допускается на основании разрешения, выданного территориальным органом специально уполномоченного федерального органа исполнительной власти в области охраны атмосферного воздуха в порядке, определенном Правительством Российской Федерации». Допустимая величина ПДВ при разработке месторождений с высоким содержанием кислых компонентов может являться определяющим фактором при определении максимально возможных добычных показателей разработки месторождения. Таким образом, максимальный отбор природного газа из месторождения определяется не количеством добывающих скважин и даже не мощностью газоперерабатывающего завода, а величиной ПДВ, ограниченной территориальным органом. Рассмотрим конкретный случай на примере АГКМ.

В настоящее время АГКМ, в составе 2-х очередей обустройства, работает на предельной мощности 12 млрд m^3 по сырому газу и 6 млрд m^3 по товарному газу. Переработка газа на Астраханском комплексе включает в себя сепарацию добываемой смеси, аминовую очистку от сероводорода и углекислоты, осушку обессеренного газа с получением сухого отбензиненного газа 6 млрд m^3 /год, получение моторных топлив из конденсата около 3 млн т/год. Переработка кислых газов методом Клауса и доочистка отходящих газов методом Сульфрин, затем печи дожигания хвостовых газов и выброс их на высокие дымовые трубы (200 м) позволяют обеспечивать степень извлечения серы 99,98 %, с получением 4,8 млн т/год газовой серы. Из-за меняющейся конъюнктуры рынка производство серы часто превышает спрос на нее, что приводит к накоплению складских запасов. Из добытого сырого газа, в результате его переработки на Газоперерабатывающем заводе (ГПЗ), вырабатывается 7 наименований товарной продукции: сухой отбензиненный газ в магистральный газопровод, газ сжиженный, широкая фракция легких углеводородов (ШФЛУ), сера газовая, автобензины, дизельное топливо и мазут.

Предельный уровень добычи сырого газа на промысле определяется не возможностями промысла, а максимально допустимой мощностью по переработке газа на ГПЗ, а мощность ГПЗ регламентируется уровнем ПДВ. Это объясняется тем, что газ Астраханского месторождения содержит в своем составе более 25 % сероводорода (H_2S) и более 20 % углекислоты (CO_2). Это обстоятельство, как было сказано ранее, не позволяет использовать и даже транспортировать такой агрессивный газ без предварительной очистки от кислых газов. Запасы месторождения при таком темпе отбора могут обеспечить его разработку в течение более чем 100 лет.

Для уменьшения вредных выбросов в атмосферу, неизбежных при выбранной технологии разработки, потребуется улучшать (совершенствовать, модернизировать и реконструировать оборудование в соответствии с современными технологиями и нормами) и утяжелять процессы доочистки отходящих, «хвостовых» газов. Взамен или в дополнение к установке Сульфрин можно было предложить установку Скотт с более глубокой степенью очистки или разработать еще более сложную технологию, но хвостовые газы все равно будут, а печи дожигания и дымовые трубы, которые тоже можно построить еще выше, останутся. Улучшение (усложнение) технологии доочистки хвостовых газов можеткратно превышать имеющуюся, и это, в свою очередь, неизбежно будет приводить к дополнительным источникам выбросов и утяжелению металлоемкости процесса. Увеличивается количество технологического оборудования (аппараты, трубопроводы, печи, реагенты, катализаторы и т. д.). Незначительное уменьшение серосодержащих составляющих в хвостовых газах не отразится на их количестве, так как основной объем приходится на CO_2 . В составе хвостовых газов присутствует:

- азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота);
- азот (II) оксид (азот монооксид);
- углерод (пигмент черный);
- сера диоксид;

- дигидросульфид (водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид);
- углерода оксид (углерод окись; углерод моноокись; угарный газ);
- метан;
- бенз/а/пирен;
- одорант СПМ.

Исходя из данного обстоятельства рассмотрены некоторые варианты разработки месторождения с высоким содержанием кислых компонентов, позволяющие увеличить его добычные возможности без ухудшения вредного воздействия на окружающую среду.

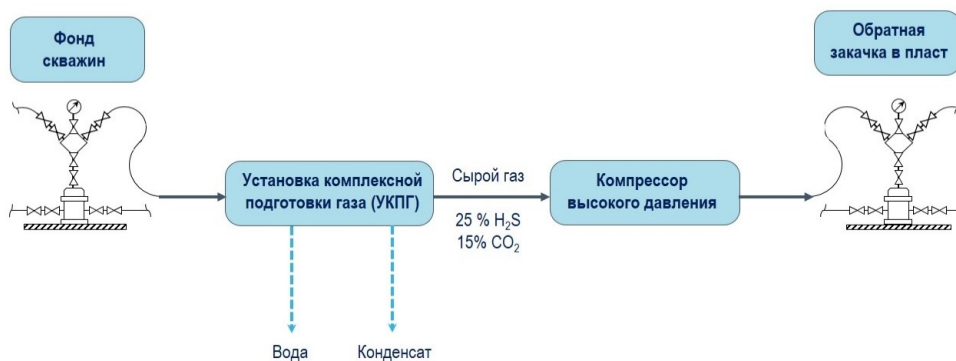


Рисунок 1 – Разработка по схеме «сайклинг-процесс»

Газ от эксплуатационных скважин направляется по шлейфам на установку комплексной подготовки газа (УКПГ), где от него отделяется только газовый конденсат. Можно применить метод низкотемпературной сепарации (НТС) на основе закона Джоуля – Томсона. Далее газ направляется в компрессорный цех и после компримирования направляется к поглощающим скважинам для обратной закачки в пласт. Обратная закачка производится в скважины с низким дебетом, представляющие те же резервуары, откуда компоненты ранее были извлечены. Взаимодействия нагнетательной среды с породами пласта исключены по причине ранее установившихся равновесий в системе.

ГПЗ строить не нужно, используем только газовый конденсат, все остальные компоненты возвращаем в пласт, для будущих поколений или до разработки более приемлемых с экологической точки зрения технологий.

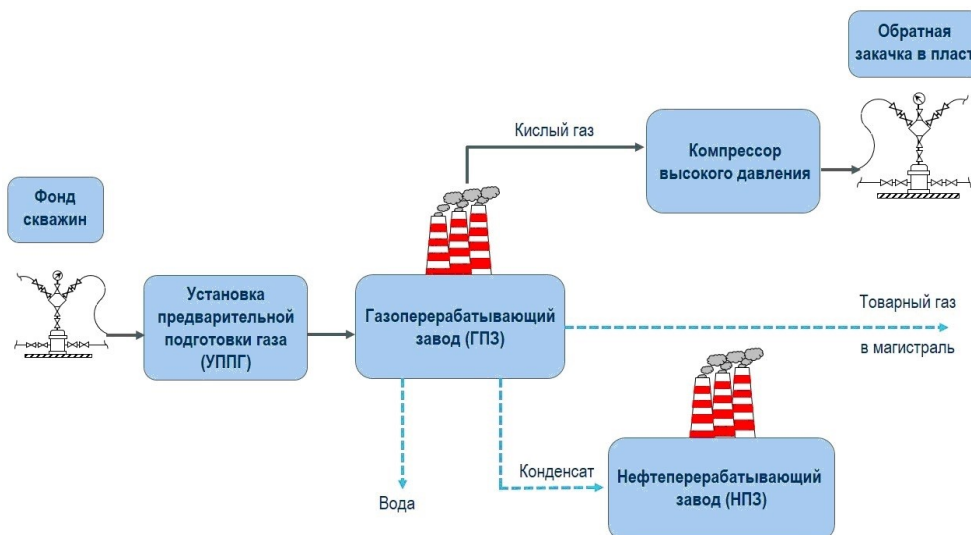


Рисунок 2 – Разработка с очисткой газа от кислых компонентов без получения серы с утилизацией отходящих газов методом закачки в пласт

Процесс очистки сырого газа от сероводорода (H₂S) и углекислого газа (CO₂) можно производить по схеме аминовой очистки, как это принято и на действующем ГПЗ, но без сооружения процесса «Клаус», т. е. без получения товарной серы. После аминовой очистки всего объема

газа от сероводорода и углекислоты, то получаемый товарный газ направляется на установку осушки газа и далее в газопровод. Отобранный из потока сероводород и углекислота направляются далее не на установки Клаус и Сульфрин, а при помощи компрессоров высокого давления закачиваются обратно в пласт. Это решение значительно упростит процесс очистки газа, не потребуются создавать громоздкие установки доочистки отходящих газов «Сульфрин» или «Скотт», не нужны печи дожигания хвостовых газов и строительство высоких (200 м) экологически неблагоприятных дымовых труб.

Закачка около 45 % от извлекаемого из пласта газа обратно в пласт позволит частично осуществить сайклинг-процесс, что положительно скажется на увеличении КИН газового конденсата. Предлагаемая технология значительно экологически чистая по сравнению с 1-й и 2-й очередями АГКМ, поскольку в ней полностью отсутствуют технологические выбросы в атмосферу и водную среду.

Добытые, но пока не использованные, ценные компоненты (H_2S и CO_2), содержащиеся в извлекаемом из месторождения сырье, не будут выброшены или безвозвратно потеряны. Они будут возвращены туда, откуда их взяли – обратно в пласт, для будущих поколений.

В качестве поглощающих скважин можно использовать истощенные и обводненные скважины или бурить специальные скважины в периферийной зоне месторождения. Технологическая схема комплекса добычи газа с утилизацией кислых компонентов представлена блок-схемой на рисунке 2.

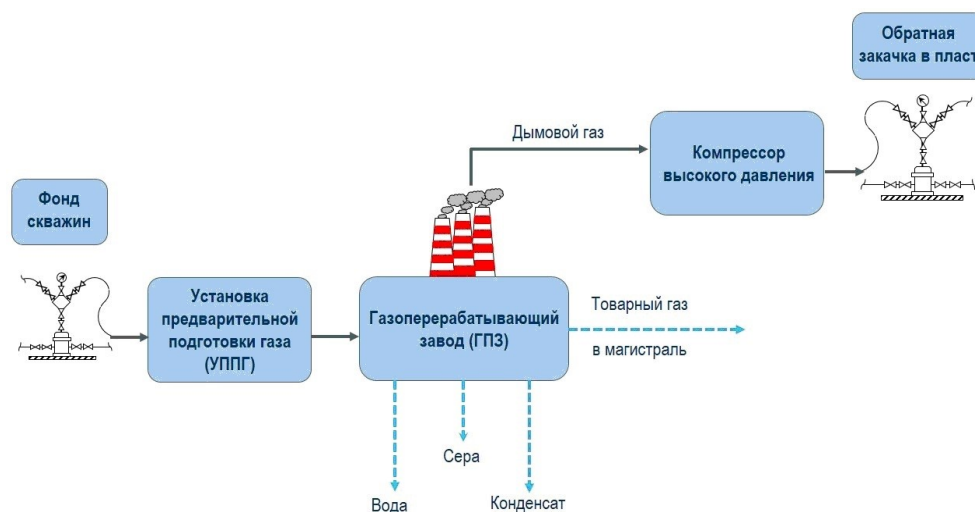


Рисунок 3 – Разработка с очисткой газа от кислых компонентов, с получением серы, товарного газа, газового конденсата, но с утилизацией отходящих газов методом закачки в пласт

Рисунок 3 аналогичен рисунку 2, но он ограничивается установкой Клаус – получением серы. После установки Клаус по существующей классической схеме следует цикл установок доочистки отходящих газов. Отходящие после установок получения серы газы являются основными и единственными выбросами, которые определяют объем и состав ПДВ, которые, в свою очередь, ограничивают предельную мощность газового комплекса. Авторы предлагают вариант, в котором не нужно заниматься улучшением технологии доочистки «хвостовых» газов перед выбросом их через дымовые трубы в атмосферу, а полностью избавиться от них путем закачки в поглощающие горизонты, обратно в тот же пласт. Образно говоря, «загнуть дымовые трубы» и направить их в землю.

Для осуществления такой технологии потребуются компрессоры давлением 50 Мпа с общей мощностью, позволяющей перекачивать весь объем хвостовых газов. Технологические параметры кислого газа, получаемого на установках сероочистки У172/У272, составляют:

- расход не более 500 $nm^3/час$;
- давление $P_{раб} = 0,07$ МПа, $P_{расч} = 0,7$ МПа;
- температура $T_{раб} = +50$ °С, $T_{расч} = +65$ °С.

Кислый газ низкого давления с существующих установок Астраханского ГПЗ по отдельному трубопроводу поступает на площадку скважины (объекта для закачки), где происходит его компримирование и осушка.

Подготовленный кислый газ высокого давления подается на площадку нагнетательной скважины для последующей закачки в пласт.

Максимальный расход кислых газов – 250–500 тыс. $m^3/сут$.

В качестве поглощающих скважин бурить специальные в периферийной зоне месторождения, ближе к зоне ГВК, для того чтобы избежать возможного прорыва закачиваемого продукта к эксплуатационным скважинам.

Список литературы

1. Досказиева Г. Ш., Жолдаскалиев Д. Д. Обзор и анализ эффективности закачки сырого газа // Евразийский союз ученых (ЕСУ). 2020. № 11 (80). С. 17–20.
2. Маргулов Р. Д., Вяхирев Р. И., Леонтьев И. А. и др. Разработка месторождений со сложным составом газа. Москва: Недра, 1988. 263 с.
3. ООО Газпром добыча Астрахань. Технический справочник по Астраханскому газовому комплексу ТС-01-2017. Астрахань, 2017.
4. ПАО Газпром. Стандарт организации. СТО Газпром 2-3.5-521-2010 «Правила безопасности для объектов добычи и транспорта газа и газового конденсата, содержащих сероводород». Москва, 2011.
5. Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 № 913 (ред от 24.01.2020) о ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах.
6. Пушкарёва Д. А. Международный опыт, проблемы и перспективы подземной утилизации кислых неуглеводородных газов // Вести газовой науки. 2021. № 1 (46). С. 209–221.
7. Федеральный закон об охране атмосферного воздуха № 96-ФЗ от 04.05.199 (ред. от 08.08.2024), принят Государственной Думой 2 апреля 1999 года.

References

1. Doskazieva G. Sh., Zholdaskaliyev D. D. Review and analysis of the efficiency of crude gas injection. *Eurasian Union of Scientists (EUS)*. 2020;11(80):17–20 (In Russ.).
2. Margulov R.D., Vyakhirev R.I., Leontiev I.A. and others. *Development of deposits with complex gas composition*. Moscow: Nedra Publishing House; 1988:263 (In Russ.).
3. LLC Gazprom Dobycha Astrakhan. *Technical reference book on the Astrakhan gas complex TS-01-2017*. Astrakhan, 2017 (In Russ.).
4. Gazprom PJSC. *The standard of the organization. STO Gazprom 2-3.5-521-2010 «Safety rules for gas and gas condensate production and transportation facilities containing hydrogen sulfide»*. Moscow, 2011 (In Russ.).
5. *Decree of the Government of the Russian Federation dated 09.13.2016 № 913 (as amended on 01.24.2020) On the Rates of Payment for Negative Environmental Impact and Additional Coefficients* (In Russ.).
6. Pushkareva D.A. International experience, problems and prospects of underground utilization of acidic non-hydrocarbon gases. *News of Gas Science*. 2021;1(46):209–221 (In Russ.).
7. *Federal Law on Atmospheric Air Protection № 96-FZ dated 05/04/199 (as amended on 08.08.2024), adopted by the State Duma on April 2, 1999* (In Russ.).

Информация об авторах

Саушин А. З. – доктор технических наук, профессор кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»;
Саушин А. С. – ведущий инженер ООО «Газпром Добыча Астрахань»;
Серебряков А. О. – доцент кафедры географии, картографии и геологии.

Information about the authors

Saushin A. Z. – Doctor of Sciences (Technical), Professor of the Department «Development and Operation of Oil and Gas Fields»;
Saushin A. S. – Leading Engineer of LLC «Gazprom Dobycha Astrakhan»;
Serebryakov A. O. – Associate Professor of the Department of Geography, Cartography and Geology.

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 05.12.2024; одобрена после рецензирования 26.12.2024; принята к публикации 13.01.2025.

The article was submitted 05.12.2024; approved after reviewing 26.12.2024; accepted for publication 13.01.2025.

*Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 26–40.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):26–40 (In Russ.).*

Научная статья
УДК 556.314:544.54
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.005>

**ХИМИЧЕСКАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ПЛАСТОВЫХ
И ЗАКАЧИВАЕМЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ЕТЫ-ПУРОВСКОМ
НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Бешенцев Владимир Анатольевич¹, Абдрашитова Римма Наильевна², Александров Андрей Сергеевич³, Ковяткина Любовь Андреевна⁴, Семенова Татьяна Владимировна⁵

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

¹beshentseva@tyuiu.ru

²abdrashitovarn@tyuiu.ru

³aleksandrovas@tyuiu.ru

⁴kovjatkinala@tyuiu.ru

⁵semenovaty@tyuiu.ru

Аннотация. Целью представленного исследования являлась оценка химической совместимости при смешении пластовых и закачиваемых сточных вод на Еты-Пуровском нефтегазоконденсатном месторождении Западной Сибири. Смешение происходит при закачивании в водоносный горизонт-приемник сточных вод. Актуальность исследования обоснована необходимостью утилизации сточных вод. Сточные воды в основном являются водами, представляющими собой излишки подтоварных вод, добываемых вместе с нефтью, а также содержат около 9 % производственных стоков. В настоящее время единственным относительно экологически безопасным и экономически целесообразным способом является утилизация стоков в горизонт-приемник, отвечающий всем требованиям действующих нормативных документов. Получение корректных данных по химической совместимости двух типов вод с разным составом, смешиваемых в пластовых условиях, – важная задача в пределах многих месторождений Западно-Сибирского нефтегазодобывающего региона. Решение данной задачи является одним из аспектов защиты окружающей среды в условиях многолетнего техногенного воздействия на дневную поверхность и недра региона. В процессе исследования были решены следующие задачи: проанализированы гидрогеологические особенности целевого горизонта-приемника, изучен состав и объемы закачки сточных вод на месторождении по данным, предоставленным недропользователем, произведен расчет химической совместимости пластовых вод горизонта-приемника и сточных вод путем термодинамического моделирования при заданных пластовых условиях. Решение поставленных задач дало возможность подтвердить химическую совместимость вод, подлежащих закачке и пластовых вод.

Ключевые слова: химическая совместимость, Западно-Сибирский нефтегазодобывающий регион, утилизация сточных вод, осадок карбоната кальция, пластовые условия

Для цитирования: Бешенцев В. А., Абдрашитова Р. Н., Александров А. С., Ковяткина Л. А., Семенова Т. В. Химическая совместимость пластовых и закачиваемых сточных вод на Еты-Пуровском нефтегазоконденсатном месторождении Западной Сибири // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 26–40. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.005>.

**CHEMICAL COMPATIBILITY OF FORMATION AND INJECT-ED WASTEWATER
AT THE YETY-PUROVSKY OIL AND GAS CON-DENSATE FIELD IN WESTERN SIBERIA**

Vladimir A. Beshentsev¹, Rimma N. Abdrashitova², Andrey S. Aleksandrov³, Lyubov A. Kovyatkina⁴, Tatyana V. Semenova⁵

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

¹beshentseva@tyuiu.ru

²abdrashitovarn@tyuiu.ru

³aleksandrovas@tyuiu.ru

⁴kovjatkinala@tyuiu.ru

⁵semenovaty@tyuiu.ru

Abstract. The objective of the presented study was to assess the chemical compatibility of mixed formation and injected wastewater at the Yety-Purovsky oil and gas condensate field in Western Siberia. Mixing occurs when wastewater is injected into the aquifer that receives it. The relevance of the study is justified by the need to utilize wastewater. Wastewater is mainly water that represents excess bottom water produced together with oil, and also

contains about 9 % of industrial effluents. At present, the only relatively environmentally safe and economically feasible method is to utilize wastewater into a receiving horizon that meets all the requirements of current regulatory documents. Obtaining correct data on the chemical compatibility of two types of water with different compositions mixed under formation conditions is an important task within many fields in the West Siberian oil and gas producing region. The solution to this problem is one of the aspects of environmental protection in the context of long-term technogenic impact on the day surface and subsoil of the region. During the study, the following tasks were solved: hydrogeological features of the target receiver horizon were analyzed, the composition and volumes of wastewater injection at the field were studied based on the data provided by the subsoil user, the chemical compatibility of reservoir waters of the receiver horizon and wastewater was calculated using thermodynamic modeling under given reservoir conditions. The solution to the set tasks made it possible to confirm the chemical compatibility of the waters to be injected and the reservoir waters.

Keywords: chemical compatibility, West Siberian oil and gas producing region, wastewater disposal, calcium carbonate sediment, reservoir conditions

For citation: Beshentsev V. A., Abdrashitova R. N., Alexandrov A. S., Kovyatkina L. A., Semenova T. V. Chemical compatibility of formation and injected wastewater at the Yety-Purovsky oil and gas condensate field in Western Siberia. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):26–40. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.005> (In Russ.).

Введение

Целью исследования является оценка химической совместимости пластовых и закачиваемых сточных вод на Еты-Пуровском нефтегазоконденсатном месторождении Западной Сибири.

Сточные воды представляют собой смесь излишков пластовых вод, производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод от объектов газового промысла месторождения. Захоронение рассматриваемых вод предполагается под газовую залежь в сеноманский горизонт апт-альб-сеноманского водоносного комплекса (ААС ВК) мезозойского гидрогеологического бассейна.

Границы горного отвода для полигона захоронения на Еты-Пуровском месторождении составляют порядка тридцати трех тысяч двух сот двадцати пяти гектаров. Площадь полигона захоронения представляет собой:

- две нагнетательные скважины (№ 1-П, 2-П), через которые производится подземное захоронение сточных вод, со всем наземным и подземным оборудованием. Приемистость скважин достигает 900 м³/сут. Скважины расположены на расстоянии 60 м друг от друга;

- насосную станцию и напорный трубопровод, посредством которых осуществляется доставка подлежащих подземному захоронению стоков на устье скважин № 1-П, 2-П.

Проблема. Комплексная оценка химической совместимости пластовых и утилизируемых сточных вод должна производиться на основе комплексного подхода, включающего учет всех природных (пластовые температура и давление, геолого-гидрогеологические условия поглощающего горизонта и т. д.) и техногенных факторов (объемы, состав закачиваемых сточных вод и периоды действия полигонов закачки) [1–9]. Последовательный и взаимосвязанный анализ указанных факторов, на наш взгляд, даст возможность обосновать и подтвердить химическую совместимость смешиваемых вод на период работы полигона закачки. По мнению многих специалистов, на настоящее время утилизация в ААС ВК является наиболее безопасным вариантом обезвреживания и утилизации сточных вод [1–3, 10].

Смешиваемые воды (сточные и содержащиеся в пласте) при заданных температурах и давлениях пласта называют химически совместимыми, если при их взаимодействии не выпадает осадок или выпадает в пределах установленных норм. Действующие в России нормы регламентируются Отраслевым стандартом 39–225–88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству».

Для достижения цели с помощью разработанных в нефтегазовой гидрогеологии методов были поставлены следующие задачи:

1. Оценка гидрогеологических особенностей поглощающего ААС ВК.
2. Анализ состава и объемов закачки сточных вод.
3. Расчет химической совместимости пластовых вод ААС ВК и утилизируемых (сточных вод).

Решение поставленных задач позволит подтвердить гипотезу о химической совместимости закачиваемых сточных и пластовых вод.

Материалы

Гидрогеологические особенности поглощающего апт-альб-сеноманского комплекса.

Еты-Пуровское нефтегазоконденсатное месторождение (лицензионный участок) расположено в южной части Ямало-Ненецкого автономного округа, на территории Пуровского административного района Российской Федерации (рис. 1).

В геологическом строении района принимают участие породы палеозойского и триасового возраста, перекрытые платформенным чехлом, представленным юрскими, меловыми, палеогеновыми и четвертичными отложениями, что показано на рисунке 2. В разрезе месторождения выделяются следующие гидрогеологические комплексы: плиоцен-четвертичный, атлым-новомихайловский, апт-альб-сеноманский, неоком-юрский и триас-палеозойский [11, 17]. Поглощающий

ААС ВК входит в состав мезозойского гидрогеологического бассейна Западно-Сибирского мегабассейна, толщина комплекса достигает 970 м. Исследуемый гидрогеологический комплекс перекрыт сверху региональным водоупорным горизонтом – турон-олигоценым гидрогеологическим комплексом, являющимся региональной покрывкой для газоносных пород сеномана. По составу отложения этой покрывки на 70 % представлены серыми и темно-серыми глинами с песчаными прослоями. Толщина водоупорного комплекса достигает 750 м. Подстилается снизу целевой ААС ВК также водоупорными породами раннемелового и неокомского возраста общей толщиной до 450–500 м.

Исследуемый поглощающий ААС ВК представлен неравномерным переслаиванием алевритово-песчаных пластов с глинистыми прослоями. Нижняя часть комплекса (апт-альб) в основном глинисто-алевритистая, поэтому поглощающими скважинами не вскрыта. В связи с этим в качестве пласта-приемника (пласта-коллектора) сточных вод на оцениваемом участке недр используется сеноманский водоносный горизонт ААС ВК. Подобные условия довольно распространены в регионе [3, 10, 18].

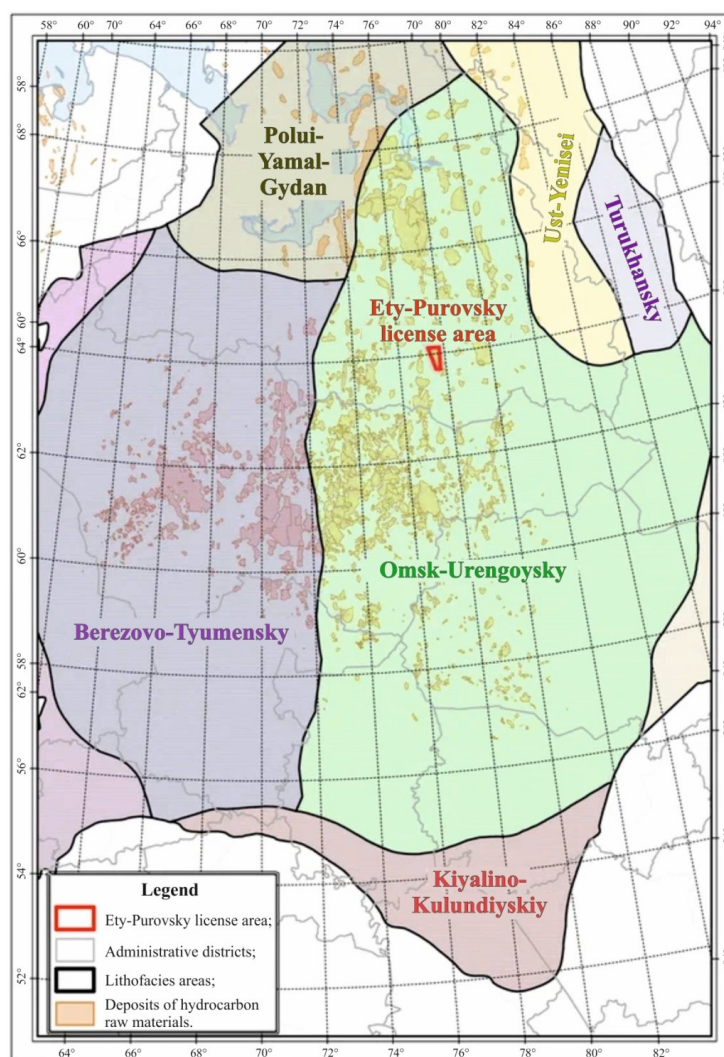


Рисунок 1 – Месторасположение Еты-Пуровского лицензионного участка (месторождения)

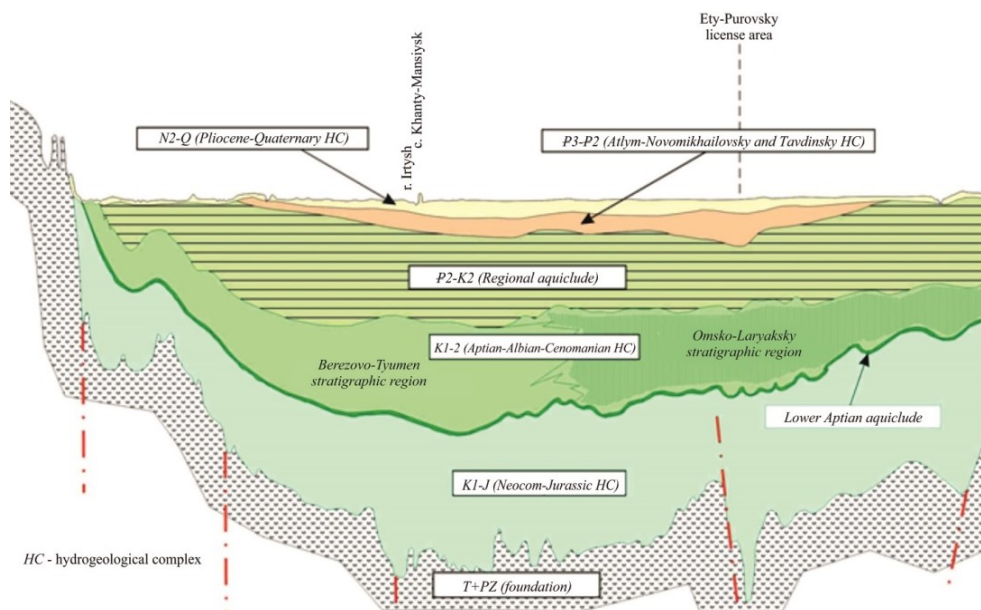


Рисунок 2 – Принципиальное геолого-гидрогеологическое строение Западно-Сибирского мегабассейна

На Еты-Пуровском месторождении кровля пласта-коллектора залегает на глубинах от 731,9 до 1 006,8 м. Общая толщина сеноманского горизонта изменится от 272,9 до 348,5 м, составляя в среднем 307,9 м. Отложения верхней части (сеноманский ярус) представлены большей частью песчаниками, мелко и среднезернистыми, различной степени глинистыми. Также в составе комплекса встречаются алевролиты и глины.

В соответствии со схемой тектонического районирования платформенного чехла месторождение расположено в пределах Пурского жёлоба Ямало-Тазовской мегасинеклизы. По всему разрезу осадочных отложений здесь выделены зоны тектонических нарушений, имеющих выдержанное северо-западное простирание [15].

Распространение температур по разрезу района месторождения изменяется закономерно, повышаясь с глубиной: на абсолютной отметке 1 000 м значения температур близки к 30–35 °С, на абсолютной отметке 2 000 м – 65–70 °С, на отметке 3 000 м – 95–100 °С. В пределах ААС отложений пластовые температуры изменяются от 21 до 50 °С. Полученные данные мало отличаются (на 1–4 °С) от средних значений температур аналогичных отложений близлежащих месторождений [16, 19].

Пластовые воды ААС ВК на месторождении изучались как в процессе разведки, так и при разработке сеноманской залежи. Дебиты воды в разведочных скважинах составляли от 0,33 до 77,7 м³/сут при динамическом уровне соответственно 22,5 и 48 м. Температура пластовой воды составила порядка +24 °С÷32 °С. Воды комплекса высоконапорные, самоизливающиеся.

Состав подземных вод сеноманского водоносного горизонта представлен в таблице 1:

Таблица 1 – Значения показателей химического состава подземных вод сеноманского горизонта апт-альб-сеноманского ВК Еты-Пуровского месторождения

Показатель	Минимальное значение – максимальное значение	Среднее значение
<i>Обобщенные показатели</i>		
Водородный показатель pH, ед. pH	7,0–8,2	7,5
Удельный вес, г/см³	1,010–1,015	1,013
Минерализация, г/дм³	14,78–23,23	18,78
Общая жесткость, мг-экв/дм³	21,8–67,5	34,1
<i>Макрокомпонентный состав</i>		
Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм³	4 991,0–12 029,0	6 640,1
Mg ²⁺ , мг/дм³	107,0–340,2	158,0
Ca ²⁺ , мг/дм³	255,2–1 142,0	448,2

Cl ⁻ , мг/дм ³	8 508,0–13 294,0	11 120,0
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	0,01–3,9	1,68
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	49,3–1 952,0	469,3
CO ₃ ²⁻ , мг/дм ³	0 –< 6	отс.
<i>Микрокомпонентный состав</i>		
Γ, мг/дм ³	6,3–10,5	7,6
Br ⁻ , мг/дм ³	45,4–55,4	49,6
B ⁻ , мг/дм ³	5,3–12,1	8,9
Fe ²⁺ , мг/дм ³	2,1–9,4	4,1

Минерализация подземных вод исследуемого горизонта в процессе эксплуатации водозаборных скважин комплекса изменялась в пределах от 14,8 до 23,2 г/дм³, составляя в среднем 18,8 г/дм³. Основные солеобразующие компоненты представлены ионами натрия и калия (Na⁺+K⁺) – 78,5–93,6 %-экв (4 991,0–12 029,0 мг/л), хлора (Cl⁻) – 90,9–99,8 %-экв, кальция (Ca²⁺) – 3,5–18,2 %-экв, магния (Mg²⁺) – 1,7–9,2 %-экв, аммония (NH₄⁺) – 0,43–0,62 %-экв, гидрокарбоната (HCO₃⁻) – 0,2–9,1 %-экв, карбонатов (CO₃²⁻) – от 0 до < 0,08 %-экв. Формула химического состава имеет следующий вид:

$$M_{18,8} \frac{Cl 98 HCO_3 2}{(Na + K) 89 Ca 7 Mg 4} pH 7,5.$$

Воды относятся к хлоридно-кальциевому типу по классификации В. А. Сулина. Диаграмма ионно-солевого состава представлена на рисунке 3. Генетический натрий-хлорный коэффициент составляет в среднем 0,9, что также свидетельствует о типичной для данных гидрогеологических условий обстановке [14, 17–24].

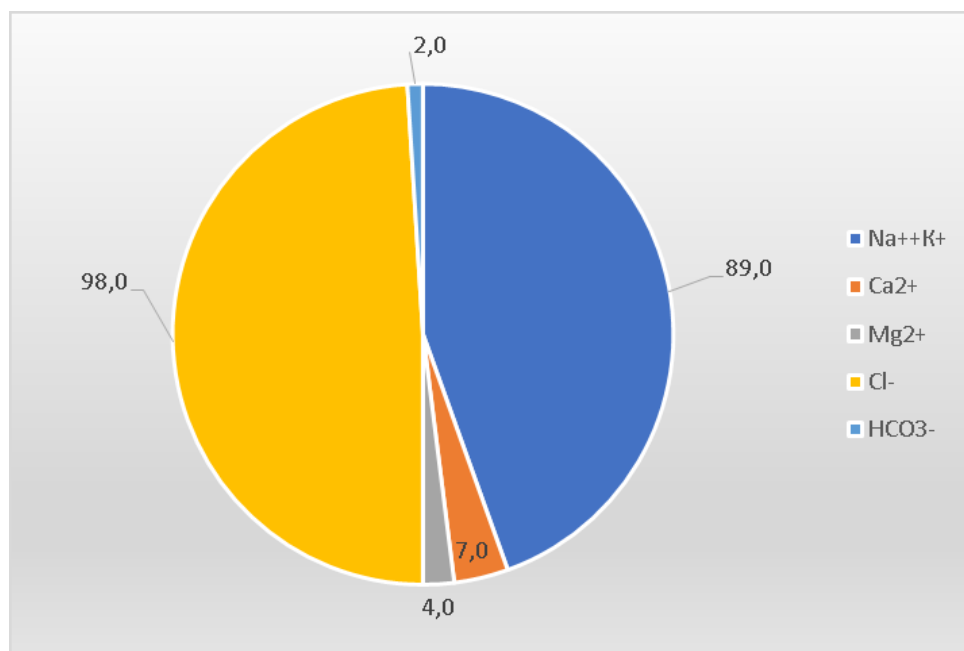


Рисунок 3 – Содержание основных макрокомпонентов (%-экв) в пластовых водах ААС ВК

Микрокомпонентный состав, так же как и макрокомпонентный комплекс, отображает региональное гидрогеохимическое поле. Из микрокомпонентов содержание йода составляет 6,3–10,5 мг/л, бора – 5,3–12,1 мг/л, брома – 45,4–55,4 мг/л, фтора – 1,9–3,5 мг/л. Плотность пластовых вод составляет 1,010–1,015 г/см³. Кислотно-щелочные свойства воды изменяются от нейтральных до слабощелочных pH = 7,0–8,2.

Растворенный в воде газ ААС ВК по составу метановый с концентрацией до 98,5 %.

На настоящее время приемистость поглощающей скважины 1-П, оборудованной на сеноманский горизонт, составляет 909 м³/сут, а скважины 2-П – 720 м³/сут при давлении 5 кгс/см².

В таблице 2 представлены основные фильтрационные параметры ААС ВК, полученные по данным гидродинамических исследований.

Таблица 2 – Средневзвешенные значения гидродинамических параметров водонасыщенных ААС ВК по данным геофизических исследований скважин (ГИС)

Возраст	Эффективная мощность	Коэффициент			
		пористости	проницаемости	фильтрации	водопроводимости
Сеноман	159,7	34,1	612	0,67	102,9
Альб	141,0	30,3	557	0,9	123,0
Апт	122,9	27,2	83	0,2	22,1
Апт-сеноман	421,0	30,9	453	0,59	253,0

По данным ГИС, коэффициенты водопроводимости и пьезопроводности по вскрытым отложениям поглощающих скважин № 1-П и 2-П непосредственно в интервале принимающих коллекторов составляют 6,4–18,3 м²/сут. и 1,9–4,4×10⁵ м²/сут. соответственно. В среднем по участку закачки – 12,4 и 3,1×10⁵ м²/сут.

Данные об объемах закачки и свойствах закачиваемых сточных вод.

Эксплуатация полигона захоронения на Еты-Пуровском месторождении началась в ноябре 2004 г. Суммарный объем закаченных стоков за период эксплуатации до 2017 г. приведен на рисунке 4.

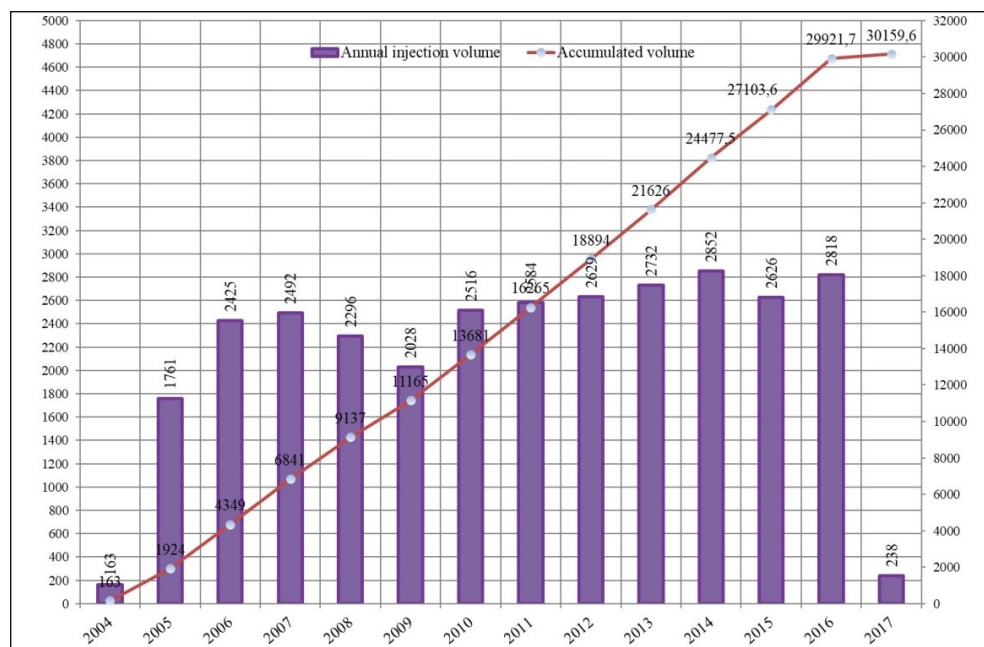


Рисунок 4 – Годовые объемы закачки и накопленный объем закаченных сточных вод

Как указывалось выше, закачиваемые в недра стоки представляют собой смесь производственных и пластовых вод. Виды закачиваемых сточных вод и их количественные показатели на примере 2008–2016 гг. приведены на рисунке 5. Темпы закачки и состав сточных вод на настоящее время сохранились.

Из представленной выше информации следует, что производственные стоки в составе промышленных стоков составляют от 2 до 37 %, составляя в среднем более 9 %.

Средние значения показателей химического состава сточных вод за период 2008–2017 гг. на месторождении представлены в таблице 3.

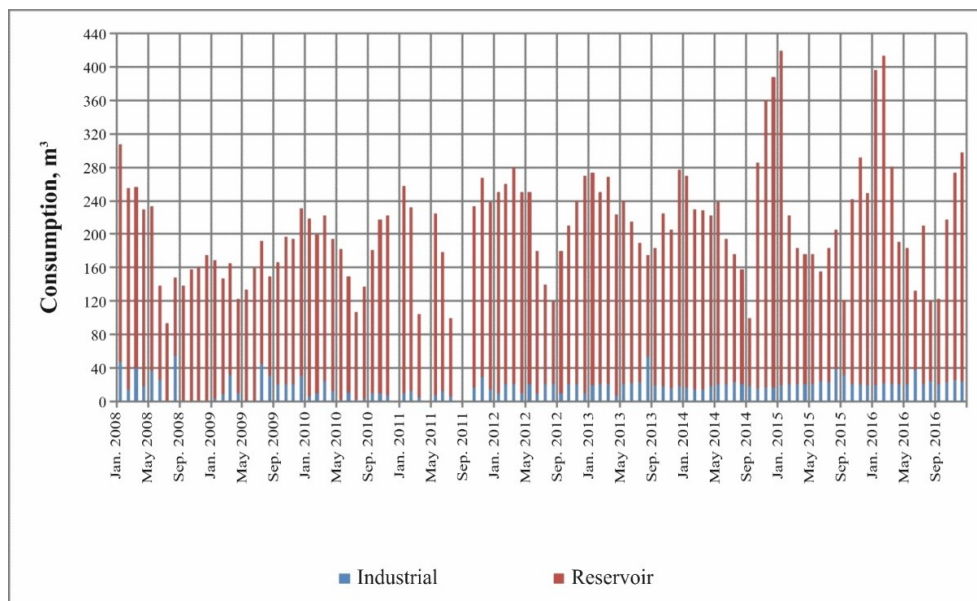


Рисунок 5 – Виды и объемы закачиваемых стоков в скважине 2-П за 2008–2016 гг.

Таблица 3 – Основные физико-химические характеристики сточных вод

Показатель	Значение
Водородный показатель pH, ед. pH	6,95
Удельный вес, г/см ³	1,0004
Минерализация, мг/дм ³	230
Na ⁺ , мг/дм ³	30
K ⁺ , мг/дм ³	3,5
Mg ²⁺ , мг/дм ³	11,6
Ca ²⁺ , мг/дм ³	20
Cl ⁻ , мг/дм ³	64
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	7,6
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	91,5
CO ₃ ²⁻ , мг/дм ³	< 6,0
Fe ²⁺ , мг/дм ³	0,18
Fe общ, мг/дм ³	3,38
Кислород растворенный, мг/дм ³	0,13
Метанол, мг/дм ³	2,65
Сероводород, мг/дм ³	< 0,002
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,38
Механические примеси, мг/дм ³	40
Окислительно-восстановител. потенциал, мВ	115
Температура, °C	22
Триэтиленгликоль (ТЭГ), %	< 0,10
Агрессивность, степень	Низкая (по Fe)

Минерализация сточных вод в процессе работы полигона закачки составляла в среднем 0,23 г/дм³. Основные солеобразующие компоненты представлены ионами хлора (Cl⁻) – 49,3 %-экв, гидрокарбоната (HCO₃⁻) – 46,5 %-экв, натрия и калия (Na⁺+K⁺) – 41,7 %-экв, кальция (Ca²⁺) – 29,8 %-экв, магния (Mg²⁺) – 28,5 %-экв, сульфатов (SO₄²⁻) – 4,2 %-экв. Формула химического состава имеет следующий вид:

$$M_{0,23} \frac{Cl^- 49,3 HCO_3^- 46,5 SO_4^{2-} 4,2}{(Na^+ + K^+) 41,7 Ca^{2+} 29,8 Mg^{2+} 28,5}$$

Сточные воды близки по своему составу и свойствам к пластовым водам нефтепродуктивных отложений. Воды по химическому составу хлоридные натриевые гидрокарбонатно-натриевого или хлоридно-кальциевого типа (по классификации В. А. Сулина). Так же как и в водах поглощающего сеноманского горизонта, в ионно-солевом составе преобладают ионы натрия и хлора, в меньшем количестве содержатся кальций, магний и гидрокарбонат-ионы. По водородному показателю воды в основном нейтральные, реже слабощелочные, pH = 6,6–8,0; не содержат сульфат-ионы.

Диаграмма ионно-солевого состава представлена на рисунке 6.

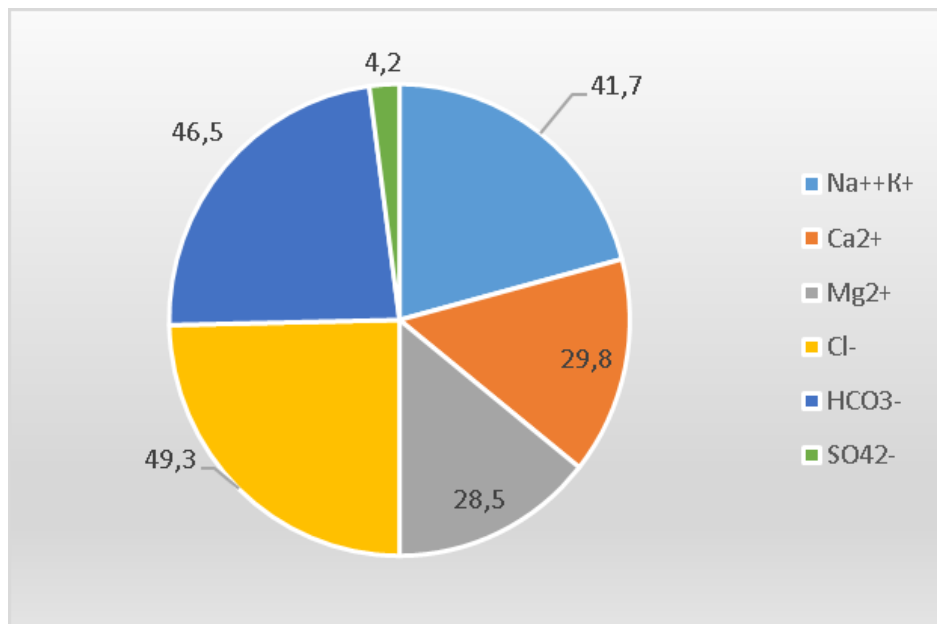


Рисунок 6 – Содержание основных макрокомпонентов (%-экв) в закачиваемых сточных водах

Методы исследования

Оценка гидрогеологических особенностей поглощающего ААС ВК.

При утилизации сточных вод в недра должен учитываться весь спектр природных особенностей горизонта-приемника [1, 2, 4, 7, 25–35], в случае Еты-Пуровского месторождения – это сеноманский горизонт ААС ВК.

Нормативные документы, действующие в России, содержат требования к целевому горизонту для поглощения стоков и требования к перекрывающему водоупорному (рис. 7). В первую очередь, это ОСТ 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству».

На соответствие данным условиям и был проверен сеноманский горизонт апт-альб-сеноманского гидрогеологического комплекса Еты-Пуровского месторождения.

Анализ состава сточных вод.

Подлежащие закачке в пласт-приемник сточные воды были исследованы на соответствие требованиям ОСТ 39-225-88 по нормированию нижеуказанных компонентов, содержание которых не должно превышать:

- механические примеси (концентрация взвешенных частица) – 300 мг/дм³;
- по нефтепродукты – 150 мг/дм³;
- метанол – 40 г/дм³;
- окисное железо – 3 мг/дм³;
- растворенный кислород – 0,5 мг/дм³;
- значение pH должно составлять в пределах 7–8;
- при значениях проницаемости свыше 0,35 мкм² и до 0,6 мкм² включительно допустимое содержание нефти и механических примесей в закачиваемых стоках не должно превышать 50 мг/дм³.

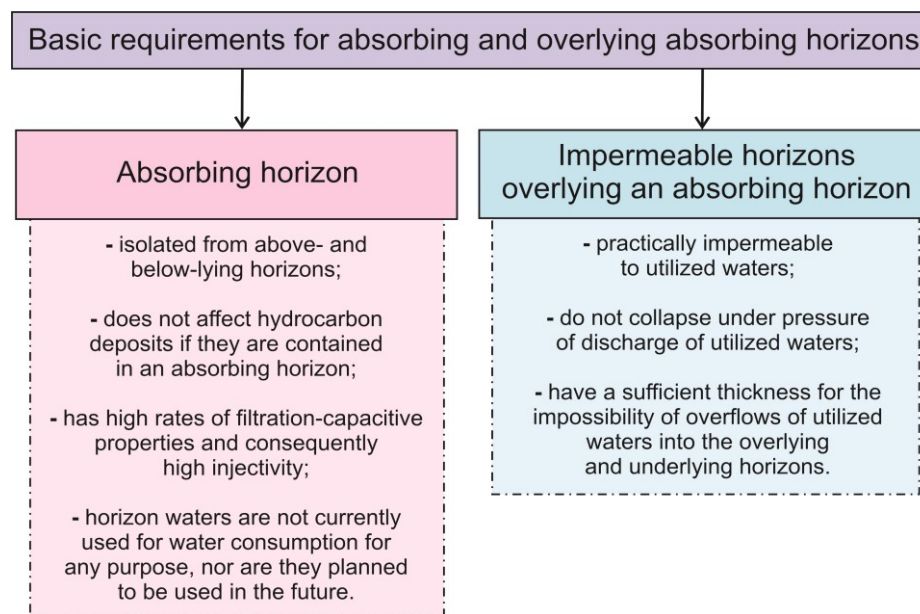


Рисунок 7 – Основные требования к поглощающему и перекрывающим поглощающий горизонтам

Также сточные воды, подлежащие закачке, не должны быть агрессивными. Нормируется и такой показатель, как набухаемость глин. В сточных водах ее значение не должно превышать аналогичных значений в пластовой воде. Необходимо учитывать роль сульфатовосстанавливающих бактерий, контроль содержания которых в сточных водах является обязательным условием перед закачиванием в недра. Закачиваемые сточные воды должны быть совместимы с пластовой водой и породой по основным осадкообразователям (карбонату и сульфату кальция), при их образовании допускается снижение фильтрационной характеристики пласта не более чем на 20 %.

Расчет химической совместимости пластовых вод апт-альб-сеноманского комплекса и утилизируемых (сточных вод).

Суть оценки совместимости сточных и пластовых вод сводится к определению возможности выпадения солевого остатка при смешении. На важность данных определений указывает большое количество исследований [1–5, 31, 34, 40–42]. При смешении вод различного состава в большинстве случаев образуются осадки карбоната и сульфата кальция [4, 5].

Расчет возможного осадка был произведен с помощью специализированной программы «Расчет химической совместимости вод» [43], реализующей термодинамическое моделирование при заданных пластовых условиях. Программа разработана на основе отраслевого стандарта 39-229-89 «Вода для заводнения нефтяных пластов». Определение совместимости закачиваемых и пластовых вод по кальциту и гипсу расчетным методом наиболее широко применяется на нефтепромыслах Западной Сибири. При этом расчеты выполняются при разных долях пластовых и сточных вод. На рисунке 8 показана основа расчетной системы программы.

Программа основана на представлении о зависимости растворимости солей кальция и магния от таких параметров системы, как значение температуры пласта, давления на глубине пласта-приемника и содержания газа в воде. При этом вычисления выполняются при условии содержания в закачиваемых сточных водах остаточной углекислоты, количество которой достаточно для удержания карбонатов в растворенном состоянии [43].

Результаты и их обсуждение

Оценка гидрогеологических особенностей поглощающего ААС ВК.

Сеноманский горизонт апт-альб-сеноманского комплекса отличается хорошими фильтрационно-емкостными свойствами, что предопределило его использование в качестве объекта для размещения сточных вод в Западной Сибири.

Сеноманский горизонт апт-альб-сеноманского комплекса Еты-Пуровского месторождения был проверен на соответствие указанным требованиям в таблице 3. Указанные в п. 2.1. геолого-гидрогеологические условия позволяют сделать вывод о пригодности использования сеноманского горизонта ААС ВК в целях утилизации сточных вод. Сеноманский горизонт ААС ВК сложен преимущественно песчаниками. Гидродинамические параметры сеноманского горизонта имеют достаточно высокие значения: коэффициент пористости 34,1 %, проницаемости 612,

фильтрации 0,67, водопроницаемости 102,9, что обеспечивает высокую приемистость горизонта для сточных вод. ААС ВК надежно изолирован от вышележащих горизонтов турон-олигоценным комплексом, имеющим глинистый состав и толщину до 750 м, а от нижележащих – водоупорными породами общей толщиной до 500 м. Также воды горизонта-приемника не планируется использовать для водопотребления. Сеноманский горизонт действительно является наиболее приемлемым и экономически целесообразным объектом для закачки сточных вод. Но, несмотря на все положительные обоснования его использования, следует учитывать, что не все последствия на данном этапе развития методики прогнозирования состояния природной среды при утилизации сточных вод в недра мы можем учесть [40–42, 44, 45].

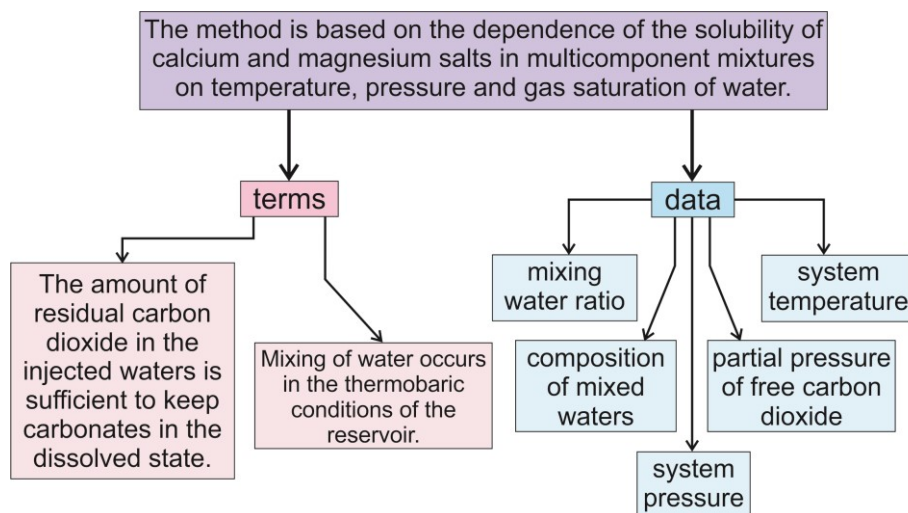


Рисунок 8 – Схема основы расчетной схемы программы «Расчет химической совместимости вод»

Анализ состава и объемов закачки сточных вод.

Согласно ОСТ 39-225-88, для закачиваемых сточных вод контролируется и лимитируется ряд показателей, на основе значений которых можно судить о возможности и подготовленности вод к закачиванию в пласт. Данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание лимитируемых компонентов в сточных водах

Показатели качества	Пределы значений по ОСТ 39-225-88	Период исследований
Значение pH	в пределах 4,5–8,5	6,95
Растворенный кислород, мг/дм ³	не более 0,5	0,13
Сероводород, мг/дм ³	не допускается	< 0,002
Ионы железа (III), мг/дм ³	не допускается при закачке в воды, содержащие H ₂ S	3,2
Механические примеси, мг/дм ³	3,0	40
Нефтепродукты, мг/дм ³	5,0	0,38
Набухаемость глинистых минералов пласта	отсутствие набухаемости	отс.
Коррозионная активность	не более 0,1 мм/год	не более 0,1 мм/год

В целом можно сказать, что используемые недропользователем очистные сооружения (нефтеловушка) достаточно эффективно доводят рассматриваемые показатели до нормативов ОСТа.

Единственным показателем, превышающим предельное значение показателя, является содержание механических примесей 40 мг/дм³, при рекомендуемом лимите 3 мг/дм³. Данный показатель не является критическим, и методы водоподготовки хорошо разработаны (установка фильтров и применение соответствующих реагентов). Для доведения данного показателя до значения, требуемого нормативами, необходима дополнительная фильтрация перед закачкой.

Как указывалось выше, эксплуатация полигона захоронения на Еты-Пуровском месторождении началась в ноябре 2004 года (рис. 3). Данные по опыту успешной многолетней эксплуатации полигона также являются дополнительным обоснованием целесообразности использования сеноманского горизонта ААС ВК в качестве горизонта-поглотителя.

Расчет химической совместимости пластовых вод ААС ВК и утилизируемых (сточных вод).

Для оценки химической совместимости было использовано 2 пробы воды: пластовой из сеноманского горизонта (скв. 1904) и сточной (скв. 2П). Термодинамическое моделирование выполнено с учетом пластовых условий сеноманского горизонта: 88,23 атм, $t_0 = 25^\circ\text{C}$ при давлении закачиваемой воды 1,78 атм. Программа «Расчет химической совместимости вод» выполняет вычисление карбонатного равновесия системы «пластовые-закачиваемые воды» [43].

Химический состав пластовых вод сеноманского горизонта-приемника представлен в таблице 1, сточных вод – в таблице 2.

Результат расчета карбонатного равновесия системы представлен в таблице 5. Получены данные по содержанию кальция, магния, карбонатной щелочности, осадку и минерализации смеси вод для разного процентного соотношения в ней сточных вод и закачиваемых вод. Общий объем смеси принимается за 100 %. Многолетний опыт моделирования процесса смешения пластовых и закачиваемых вод на месторождениях Западной Сибири показывает достаточно высокую сходимость с результатами лабораторных экспериментов.

Сточные вод, подготовленные для закачки в сеноманский горизонт, характеризуются низкой минерализацией 0,23 г/дм³, а пластовые воды при этом являются минерализованными – 19,17 г/дм³. Поэтому при увеличении их содержания в смеси ее общая минерализация уменьшается, так же как и степень насыщения раствора осадкообразующими компонентами. При любом содержании сточных вод в смеси, по данным термодинамического моделирования, осадок не образуется. Данные представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты термодинамического моделирования процесса смешения пластовых и закачиваемых вод на Еты-Пуровском нефтяном месторождении. Reservoir pressure: 88.23 atm, $t = 25^\circ\text{C}$ at a pressure of the injected water of 1,78 atm

The proportion of water in the mixture, %		The content of sediment-forming components, g/dm ³			Degree of saturation	Sediment, g/dm ³	Mineralization, g/dm ³	CO ₂ saturation pressure, atm
Formation (well 1904)	Injected (well 2П)	Ca	Mg	Carbonate alkalinity				
100	0	1,062	0,182	0,146	0,999	0,000	19,17	0,035
80	20	0,854	0,148	0,136	0,966	0,000	15,38	0,030
60	40	0,645	0,114	0,125	0,931	0,000	11,59	0,025
50	50	0,541	0,097	0,119	0,911	0,000	9,70	0,022
30	70	0,333	0,063	0,108	0,856	0,000	5,91	0,017
10	90	0,124	0,029	0,097	0,719	0,000	2,12	0,012
0	100	0,020	0,012	0,092	0,130	0,000	0,23	0,010

Следует отметить, что на формирование осадка в пласте влияет множество факторов, в том числе скорость продвижения фронта сточных вод в пласте, которую не всегда мы можем точно прогнозировать, а также давление насыщения углекислотой. Исходя из полученных результатов, анализа состава сточных вод и объемов закачки, полагаем, что даже при воздействии ряда неучтенных в данном расчете факторов образование осадка маловероятно.

Заключение

1. По результатам оценки геолого-гидрогеологических особенностей ААС ВК комплекс является вполне подходящим для осуществления процесса утилизации сточных вод объектом. Это связано с высокими значениями показателей фильтрационно-емкостных свойств, приемистости. Комплекс перекрыт водоупорным турон-олигоценым комплексом, толщина которого 750 м, что надежно защищает вышележающие пресные воды кайнозойского гидрогеологического бассейна от возможных перетолков загрязненных вод снизу. Опасность перетоков по затрубному пространству скважин сточных вод исключается надежной и качественной цементацией при строительстве скважины.

2. Приемистость скважин поглощающих скважин 1П и 2П (909 м³/сут., 720 м³/сут. соответственно) вполне покрывает требуемые объемы закачки сточных вод, и имеется резерв для увеличения объемов закачиваемых сточных вод в случае необходимости.

3. Результаты расчетов химической совместимости пластовых и закачиваемых сточных вод свидетельствуют о полной совместимости вод, так как осадок карбоната кальция при их смешении не образуется. Пересмотр полученного вывода необходим при изменении состава закачиваемых стоков, объемов и темпов их закачки. В этом случае необходимо будет также провести лабораторные исследования процесса смешения данных типов вод.

4. Для сохранения существующей относительно благоприятной экологической обстановки необходимо вести мониторинг химического состава пластовых вод горизонта-приемника, а также химического состава пластовых вод вышележающих горизонтов пресных вод.

Список литературы

1. Abdrashitova R. N., Kadyrov M. A. Causes of Variability in Groundwater Salinity of the Lower Jurassic Sediments in the Talinskoye Oilfield of West Siberia // Sustainability. 2022. № 14. P. 7675. <https://doi.org/10.3390/su14137675>.
2. Abdrashitova R. N., Salnikova Y. I. Structure of the hydrogeological field of the Krasnoleninsky arch // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Conference 1. P. 1–6. DOI: 10.1088/1755-1315/181/1/012001.
3. Bear J. Dynamics of Fluids in Porous Media American. Elsevier Publishing Company, 1972. 764 p.
4. Bertero L., Chierici G. L., Gottardi G., Mesini E., Mormino G. Chemical equilibrium models: their use in simulating the injection of incompatible waters // SPE Reservoir Engineering. 1988. № 3 (01). P. 288–294. DOI: 10.2118/14126-PA.
5. Bethke C. M. Geochemical Reaction Modeling // Concepts and Application. New York: Oxford University Press, 1996. 397 p. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195094756.001.0001>.
6. Dahlberg E.C. Applied hydrodynamics in petroleum exploration. NY: Springer New York, 1982. 161 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-0144-8>.
7. Demir I. Formation water chemistry and modeling of fluid-rock interaction for improved oil recovery in Aux Vases and Cypress formations // Illinois Basin, Illinois petroleum. 1995. 148 p. <https://www.ideals.illinois.edu/items/43017>.
8. Gerritsen M. G., Durlowski L. J. Modeling fluid flow in oil reservoirs // Annual Review of Fluid Mechanics. 2005. № 37. P. 211. DOI: 10.1146/annurev.fluid.37.061903.175748.
9. Khishvand M., Kohshour I. O., Alizadeh A. H., Piri M., Prasad S. A multi-scale experimental study of crude oil-brine-rock interactions and wettability alteration during low-salinity waterflooding // Fuel. 2019. № 250. P. 117–131. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.02.019>.
10. Méité D., Rafini S., Chesnaux R., Ferroud A. Review of Petroleum and Hydrogeology Equations for Characterizing the Pressure Front Diffusion during Pumping Tests // Geosciences. 2022. № 12 (5). P. 201. <https://doi.org/10.3390/geosciences12050201>.
11. Mungan N. Permeability reduction through changes in pH and salinity // Journal of Petroleum Technology. 1965. № 17 (12). P. 1449–1453. DOI: <https://doi.org/10.2118/1283-PA>.
12. Patel H. V., Das S., Kuipers J. A. M., Peters E. A. J. F. Direct numerical simulations of water flooding process through digitized porous rocks // Chemical Engineering Science: X. 2019. № 4. P. 100041. <https://doi.org/10.1016/j.cesx.2019.100041>.
13. Su J., Wang L., Gu Z., Zhang Y., Chen C. Advances in pore-scale simulation of oil reservoirs // Energies. 2018. № 11 (5). P. 1132. <https://doi.org/10.3390/en11051132>.
14. Tissot B., Welte D. Petroleum Formation and Occurrence. Springer-Verlag, 1984. 699 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-87813-8>.
15. Tóth J. Groundwater as a geologic agent: an overview of the causes, processes, and manifestations // Hydrogeology Journal. 1999. № 7 (1). P. 1–14. <https://doi.org/10.1007/s100400050176>.
16. Абдрашитова Р. Н. Гидрогеологические условия апт-альб-сеноманского комплекса Каменного месторождения нефти // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 1–2 (55). С. 38–41. DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.112.
17. Абукова Л. А., Абрамова О. П., Варягова Е. П. Гидрогеохимический мониторинг разработки месторождений углеводородов // Фундаментальные и прикладные вопросы гидрогеологии нефтегазовых бассейнов: материалы III Всероссийской научной конференции (с международным участием), посвященной 90-летию А.А. Карцева, 2015. С. 15–19. DOI: 10.29222/ipng.2078-5712.2015-12.art2.
18. Абукова Л. А., Абрамова О. П., Кошелев А. В., Ставицкий В. А., Ли Г. С., Катаева М. А. Исходный состав пластовых вод как основа гидрогеохимического контроля за разработкой ачимовских отложений Уренгойского НГКМ // Приоритетные направления развития Уренгойского комплекса: сборник научных трудов. Москва, 2013. С. 171–180.
19. Абукова Л. А., Абрамова О. П., Исаева Г. Ю. Факторы контроля качества прогноза солеотложений в нефтепромысловой практике // Георесурсы, геознергетика, геополитика. 2012. № 1 (5). С. 9.
20. Бешенцев В. А. Обоснование захоронения промышленных и сточных вод в недра: учебное пособие. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. 95 с. ISBN 978-5-9961-1835-9.
21. Боровская Т. А., Ланшаков В. Г., Курчиков А. Р., Матусевич В. М. Фильтрационные параметры апт-альб-сеноманского комплекса, определяемые различными методами при добыче и закачке подземных вод // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна. Опыт, инновации: материалы Восьмой Всероссийской научно-технической конференции (посвященной 100-летию со дня рождения Муравленко Виктора Ивановича), Тюмень, 24 декабря 2012 года / под общ. ред. В. В. Долгушина. Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2012. С. 143–146.
22. Гладков П. Д., Рогачев М. К. Особенности реализации систем заводнения в условиях продуктивных горизонтов неомского комплекса Западной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. № 7. С. 1–13.
23. Делия С. В., Абукова Л. А., Абрамова О. П., Попов С. Н., Воронцова И. В., Анисимов Л. А. Особенности взаимодействия коллекторов, пластовых и технических вод при разработке нефтегазоконденсатного месторождения им. Ю. Корчагина // Нефтяное хозяйство. 2013. № 3. С. 18–22.
24. Делия С. В., Абукова Л. А., Абрамова О. П., Анисимов Л. А., Попов С. Н., Воронцова И. В. Экспериментальное и численное моделирование взаимодействия пластовых и технических вод при разработке месторождения им. Ю. Корчагина // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2012. № 10. С. 34–41.
25. Дюнин В. И. Гидродинамика глубоких горизонтов нефтегазовых бассейнов // Научный мир. 2000. 472 с.

26. Желтов Ю. В., Ступоченко В. Е., Хавкин А. Я., Мартос В. Н., Рыжик В. М. Об особенностях заводнения нефтяных залежей с глинистыми коллекторами // Нефтяное хозяйство. 1981. № 7. С. 42–47.
27. Кашавцев В. Е., Гаттенбергер Ю. П., Люшин С. Ф. Предупреждение солеобразования при добыче нефти. Москва: Недра, 1985. 215 с.
28. Ковяткина Л. А., Матусевич В. М. Концепция стадийного развития природно-техногенных гидрогеологических систем Западно-Сибирского мегабассейна // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 1842.
29. Кругликов Н. М., Нелюбин В. В., Яковлев О. Н. Гидрогеология Западно-Сибирского нефтегазового бассейна и особенности формирования залежей углеводородов. Ленинград: Недра, 1985, 279 с.
30. Курчиков А. Р., Ставицкий Б. П. Геотермия нефтегазовых областей Западной Сибири. Москва: Недра, 1987. 134 с.
31. Курчиков А. Р., Плавник А. Г. Современные представления о гидрогеохимических условиях глубоких горизонтов Западно-Сибирского мегабассейна // Горные ведомости. 2016. № 5–6 (144–145). С. 74–85.
32. Матусевич В. М., Абдрашитова Р. Н. Геодинамическая концепция в современной гидрогеологии (на примере Западно-Сибирского мегабассейна) // Фундаментальные исследования. 2013. № 4–5. С. 1157–1160.
33. Матусевич В. М. Геофлюидальные системы и проблемы нефтегазовости Западно-Сибирского мегабассейна / В. М. Матусевич, А. В. Рыльков, И. Н. Ушатинский. Тюмень: ТюмГНГУ, 2005. 225 с.
34. Матусевич В. М. Гидрогеологическое поле Западно-Сибирского мегабассейна и его трансформация под влиянием техногенеза / В. М. Матусевич, Т. В. Семенова // Подземные воды Востока России: материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России с Международным участием (XIX Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока), Тюмень, 22–25 июня 2009 года. Тюмень: Тюменский дом печати, 2009. С. 7–13.
35. Матусевич В. М. Краткая история изучения глубоких подземных вод Западно-Сибирского мегабассейна и эволюция научных представлений // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 1999. № 2. С. 24–32.
36. Матусевич, В. М., Ковяткина Л. А. Техногенные гидрогеологические системы нефтегазовых районов Западной Сибири // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 1997. № 1. С. 41–47.
37. Машорин В. А., Фоминых О. В. Исследование влияния минерализации закачиваемых вод на проницаемость коллекторов Верхне-Шапшинского месторождения // Нефтяное хозяйство. 2013. № 12. С. 120–121.
38. Машорин В. А., Фоминых О. В., Черевко М. А. Исследование вытесняющей способности смеси вод различных источников для поддержания пластового давления на примере Приобского месторождения // Нефтепромысловое дело. 2014. № 7. С. 13–15.
39. Методические рекомендации по обоснованию выбора поглощающих горизонтов и проектированию закачки сточных вод на газовых предприятиях Западной Сибири. Тюмень: ТюменьНИИгипрогаз, 2001. 83 с.
40. Нуднер В. А. Гидрогеология СССР. Том XVI. Западно-Сибирская равнина. Москва: Недра, 1970. 368 с.
41. Павлюков А. И. Краткая история изучения и масштабы техногенного воздействия на апт-альб-сеноманский водоносный комплекс Западной Сибири / А. И. Павлюков, Ю. И. Сальникова // Подземная гидросфера: материалы XXIII Всероссийского совещания по подземным водам востока России с международным участием, Иркутск, 20–26 июня 2021 года. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2021. С. 101–105. DOI: 10.52619/978-5-9908560-9-7-2021-23-1-101-105.
42. Сальникова Ю. И., Радченко А. В. Захоронение сточных вод в апт-сеноманский гидрогеологический комплекс на Губкинском газовом месторождении // Геология и нефтегазовость Западно-Сибирского мегабассейна: материалы Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 100-летию Байбакова Николая Константиновича, Тюмень, 15 апреля 2011 года. Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2011. С. 208–211.
43. Сальникова Ю. И. О геохимической стабильности подземных вод апт-альб-сеноманского комплекса в связи с разработкой нефтяных месторождений Западной Сибири // Актуальные проблемы нефти и газа: тезисы докладов 4-й Всероссийской молодежной научной конференции, Москва, 20–22 октября 2021 года. Москва: Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, 2021. С. 30. DOI: 10.31660/0445-0108-2022-3-38-56.
44. Ставицкий Б. П., Курчиков А. Р., Контарович А. Э., Плавник А. Г. Вертикальная и латеральная гидрогеохимическая зональность подземных вод Западно-Сибирского нефтегазового бассейна // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2006. № 5–6. С. 58–84.
45. Таранов Ю. А., Плавник А. Г., Таранова Л. В., Резанова Т. П. Свидетельство о государственной регистрации программы «Расчет химической совместимости вод» в Реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности № 2013616498 от 10 июля 2013.

References

1. Abdrashitova R. N., Kadyrov M. A. Causes of Variability in Groundwater Salinity of the Lower Jurassic Sediments in the Talinskoye Oilfield of West Siberia. *Sustainability*. 2022;14:7675. <https://doi.org/10.3390/su14137675>.
2. Abdrashitova R. N., Salnikova Y. I. Structure of the hydrogeological field of the Krasnoleninsky arch. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021;conference 1:1–6. DOI: 10.1088/1755-1315/181/1/012001.
3. Bear J. *Dynamics of Fluids in Porous Media*. American Elsevier Publishing Company; 1972:764.
4. Bertero L., Chierici G. L., Gottardi G., Mesini E., Mormino G. Chemical equilibrium models: their use in simulating the injection of incompatible waters. *SPE Reservoir Engineering*. 1988;3(01):288–294. DOI: 10.2118/14126-PA.

5. Bethke C. M. Geochemical Reaction Modeling. *Concepts and Application*. New York: Oxford University Press; 1996:397. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195094756.001.0001>.
6. Dahlberg E. C. *Applied hydrodynamics in petroleum exploration*. NY: Springer New York; 1982:161. <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-0144-8>.
7. Demir I. Formation water chemistry and modeling of fluid-rock interaction for improved oil recovery in Aux Vases and Cypress formations. *Illinois Basin, Illinois petroleum*; 1995:148. <https://www.ideals.illinois.edu/items/43017>.
8. Gerritsen M. G., Durlafsky L. J. Modeling fluid flow in oil reservoirs. *Annual Review of Fluid Mechanics*. 2005 37:211. DOI: 10.1146/annurev.fluid.37.061903.175748.
9. Khishvand M., Kohshour I. O., Alizadeh A. H., Piri M., Prasad S. A multi-scale experimental study of crude oil-brine-rock interactions and wettability alteration during low-salinity waterflooding. *Fuel*. 2019;250: 117–131. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.02.019>.
10. Méité D., Rafini S., Chesnaux R., Ferroud A. Review of Petroleum and Hydrogeology Equations for Characterizing the Pressure Front Diffusion during Pumping Tests. *Geosciences*. 2022;12(5):201. <https://doi.org/10.3390/geosciences12050201>.
11. Mungan N. Permeability reduction through changes in pH and salinity. *Journal of Petroleum Technology*. 1965;17(12):1449–1453. DOI: <https://doi.org/10.2118/1283-PA>.
12. Patel H.V., Das S., Kuipers J.A.M., Peters E.A.J.F. Direct numerical simulations of water flooding process through digitized porous rocks. *Chemical Engineering Science: X*. 2019;4:100041. <https://doi.org/10.1016/j.cesx.2019.100041>.
13. Su J., Wang L., Gu Z., Zhang Y., Chen C. Advances in pore-scale simulation of oil reservoirs. *Energies*. 2018;11(5):1132. <https://doi.org/10.3390/en11051132>.
14. Tissot B., Welte D. *Petroleum Formation and Occurrence*. Springer-Verlag; 1984:699. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-87813-8>.
15. Tóth J. Groundwater as a geologic agent: an overview of the causes, processes, and manifestations. *Hydrogeology Journal*. 1999;7(1):1–14. <https://doi.org/10.1007/s100400050176>.
16. Abdrashitova R. N. Hydrogeological conditions of the Aptian-Albian-Cenomanian complex of the Kamennoye oil field. *International Research Journal*. 2017;1–2(55):38–41. DOI 10.23670/IRJ.2017.55.112 (In Russ.).
17. Abukova L.A., Abramova O.P., Varyagova E.P. Hydrogeochemical monitoring of hydrocarbon deposits development. *Fundamental and applied issues of hydrogeology of oil and gas basins*: proceedings of the III All-Russian Scientific Conference (with International Participation) dedicated to the 90th anniversary of A.A. Kartsev, 2015 : 15–19. DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2015-12.art2 (In Russ.).
18. Abukova L.A., Abramova O.P., Koshelev A.V., Stavitsky V.A., Li G.S., Kataeva M.A. Initial composition of formation waters as a basis for hydrogeochemical control over the development of the Achimov deposits of the Urengoy oil and gas condensate field. *Priority areas for the development of the Urengoy complex: collection of scientific papers*. Moscow; 2013:171–180 (In Russ.).
19. Abukova L. A., Abramova O. P., Isaeva G. Yu. Factors in monitoring the quality of salt deposition forecasting in oil field practice. *Georesources, Geoenergetics, Geopolitics*. 2012;1(5):9 (In Russ.).
20. Beshentsev V. A. *Justification for the disposal of industrial and waste water in the subsoil: a tutorial*. Tyumen: Tyumen Industrial University; 2018:95. ISBN 978-5-9961-1835-9 (In Russ.).
21. Borovskaya T. A., Lashakov V. G., Kurchikov A. R., Matusevich V. M. Filtration parameters of the Aptian-Albian-Cenomanian complex determined by various methods during production and injection of groundwater. *Geology and oil and gas potential of the West Siberian megabasin*. Experience, innovations: materials of the Eighth All-Russian scientific and technical conference (dedicated to the 100th anniversary of the birth of Viktor Ivanovich Muravlenko), Tyumen, December 24, 2012. Under the general editorship of V. V. Dolgushin. Tyumen: Tyumen State Oil and Gas University; 2012:143–146 (In Russ.).
22. Gladkov P. D., Rogachev M. K. Features of the implementation of flooding systems in the conditions of productive horizons of the Neocomian complex of Western Siberia. *Oil and Gas Geology. Theory and Practice*. 2012;7:1–13 (In Russ.).
23. Delia S. V., Abukova L. A., Abramova O. P., Popov S. N., Vorontsova I. V., Anisimov L. A. Features of the interaction of reservoirs, formation and industrial waters during the development of the Yu. Korchagin oil and gas condensate field. *Oil Industry*. 2013;3:18–22 (In Russ.).
24. Delia S. V., Abukova L. A., Abramova O. P., Anisimov L. A., Popov S. N., Vorontsova I. V. Experimental and Numerical Modeling of the Interaction of Formation and Industrial Waters during Development of the Yu. Korchagin Field. *Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*. 2012;10:34–41 (In Russ.).
25. Dyunin V. I. Hydrodynamics of Deep Horizons of Oil and Gas Basins. *Scientific World*; 2000:472 (In Russ.).
26. Zheltov Yu. V., Stupochenko V. E., Khavkin A. Ya., Martos V. N., Ryzhik V. M. On the Features of Flooding Oil Deposits with Clay-Containing Reservoirs. *Oil Industry*. 1981;7:42–47 (In Russ.).
27. Kashavtsev V. E., Gattenberger Yu. P., Lyushin S. F. *Prevention of Salt Formation during Oil Production*. Moscow: Nedra; 1985:215 (In Russ.).
28. Kovyatkina L. A., Matusevich V. M. Concept of Staged Development of Natural and Man-Made Hydrogeological Systems of the West Siberian Megabasin. *Modern Problems of Science and Education*. 2015;1–1:1842 (In Russ.).
29. Kruglikov N. M., Nelyubin V. V., Yakovlev O.N. *Hydrogeology of the West Siberian oil and gas basin and features of hydrocarbon deposit formation*. Leningrad: Nedra; 1985:279 (In Russ.).
30. Kurchikov A. R., Stavitsky B. P. *Geothermy of oil and gas regions of Western Siberia*. Moscow: Nedra; 1987:134 (In Russ.).
31. Kurchikov A. R., Plavnik A. G. Modern concepts of hydrogeochemical conditions of deep horizons of the West Siberian megabasin. *Gornye Vedomosti*. 2016;5–6(144–145):74–85 (In Russ.).

32. Matusevich V. M., Abdrashitova R. N. Geodynamic concept in modern hydrogeology (by the example of the West Siberian megabasin). *Fundamental Research*. 2013;4–5:1157–1160 (In Russ.).
33. Matusevich V. M., Rylkov A. V., Ushatinsky I. N. *Geofluidic systems and problems of oil and gas potential of the West Siberian megabasin*. Tyumen: Tyumen State Oil and Gas University; 2005:225 (In Russ.).
34. Matusevich V. M., Semenova T. V. Hydrogeological field of the West Siberian megabasin and its transformation under the influence of technogenesis. *Groundwater of the East of Russia: proceedings of the All-Russian Conference on Groundwater of the East of Russia with International Participation (XIX Conference on Groundwater of Siberia and the Far East)*, Tyumen, June 22–25, 2009. Tyumen: Tyumen Printing House; 2009:7–13 (In Russ.).
35. Matusevich V. M. Brief History of the Study of Deep Groundwater of the West Siberian Megabasin and the Evolution of Scientific Concepts. *News of Higher Educational Institutions. Oil and Gas*. 1999;2:24–32 (In Russ.).
36. Matusevich V. M., Kovyatkina L. A. Man-made hydrogeological systems of oil and gas regions of Western Siberia. *News of higher educational institutions. Oil and gas*. 1997;1:41–47 (In Russ.).
37. Mashorin V. A., Fominykh O. V. Study of the influence of mineralization of injected waters on the permeability of reservoirs of the Verkhne-Shapshinskoye field. *Oil industry*. 2013;12:120–121 (In Russ.).
38. Mashorin V. A., Fominykh O. V., Cherevko M. A. Study of the displacing capacity of a mixture of waters from different sources to maintain reservoir pressure using the Priobskoye field as an example. *Oil Field Business*. 2014;7:13–15 (In Russ.).
39. Methodological recommendations for substantiating the choice of absorption horizons and designing wastewater injection at gas enterprises in Western Siberia. VRD; Tyumen: TyumenNIIGiprogaz; 2001:83 (In Russ.).
40. Nudner V. A. *Hydrogeology of the USSR. Volume XVI. West Siberian Plain*. Moscow: Nedra; 1970:368 (In Russ.).
41. Pavlyukov A. I., Salnikova Yu. I. Brief history of the study and the scale of technogenic impact on the Aptian-Albian-Cenomanian aquifer complex of Western Siberia. *Underground hydrosphere: materials of the XXIII All-Russian conference on groundwater of the east of Russia with international participation, Irkutsk, June 20–26, 2021*. Irkutsk: Institute of the Earth's Crust SB RAS; 2021:101–105. DOI: 10.52619/978-5-9908560-9-7-2021-23-1-101-105 (In Russ.).
42. Salnikova Yu. I., Radchenko A. V. Wastewater disposal in the Aptian-Cenomanian hydrogeological complex at the Gubkinskoye gas field. *Geology and oil and gas potential of the West Siberian megabasin: proceedings of the All-Russian scientific and technical conference dedicated to the 100th anniversary of Nikolay Konstantinovich Baibakov*, Tyumen, April 15, 2011. Tyumen: Tyumen State Oil and Gas University; 201:208–211.
43. Salnikova Yu. I. On the geochemical stability of groundwater of the Aptian-Albian-Cenomanian complex in connection with the development of oil fields in Western Siberia. *Actual problems of oil and gas: abstracts of reports of the 4th All-Russian youth scientific conference, Moscow, October 20–22, 2021*. Moscow: Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences; 2021:30. DOI: 10.31660/0445-0108-2022-3-38-56 (In Russ.).
44. Stavitsky B. P., Kurchikov A. R., Kontorovich A. E., Plavnik A. G. Vertical and lateral hydrogeochemical zoning of groundwater in the West Siberian oil and gas basin. *Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*. 2006;5–6:58–84 (In Russ.).
45. Taranov Yu. A., Plavnik A. G., Taranova L. V., Rezanova T. P. *Certificate of state registration of the program «Calculation of chemical compatibility of waters» in the Register of computer programs of the Federal Service for Intellectual Property № 2013616498 dated July 10, 2013* (In Russ.).

Информация об авторах

Бешенцев В. А. – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии месторождений нефти и газа;
Абдрашитова Р. Н. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии месторождений нефти и газа;
Александров А. С. – старший преподаватель кафедры геологии месторождений нефти и газа;
Ковяткина Л. А. – старший преподаватель кафедры геологии месторождений нефти и газа;
Семенова Т. В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии месторождений нефти и газа.

Information about the authors

Beshentsev V. A. – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of the Department of Geology of Oil and Gas Fields;
Abdrashitova R. N. – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Geology of Oil and Gas Fields;
Aleksandrov A. S. – Senior Lecturer of the Department of Geology of Oil and Gas Fields;
Kovyatkina L. A. – Senior Lecturer of the Department of Geology of Oil and Gas Fields;
Semenova T. V. – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Geology of Oil and Gas Fields.

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 17.01.2025; одобрена после рецензирования 27.01.2025; принята к публикации 04.02.2025.

The article was submitted 17.01.2025; approved after reviewing 27.01.2025; accepted for publication 04.02.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 41–46.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):41–46 (In Russ.).

Научная статья
УДК 556.3:502.175
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.006>

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ВОДОДЕФИЦИТНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Куделина Инна Витальевна¹, Леонтьева Татьяна Васильевна^{2✉}, Фатюнина Марина
Владимировна³, Гаев Иван Аркадьевич⁴

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹kudelina.inna@mail.ru

²tvleon@mail.ru✉

³marinafat81@mail.ru

⁴gaevivan@mail.ru

Аннотация. Техно-экономическому развитию Оренбуржья, особенно его восточной части, препятствует дефицит вод питьевого качества, широкое распространение процессов загрязнения, осолонения и повышенной радиации. Сложная ситуация в хозяйственно-питьевом водоснабжении населения сложилась в Оренбургской агломерации, а также на юго-востоке области в пос. Светлом и в г. Ясном. Водоснабжение здесь осуществляется за счет вод Кумакского водохранилища, где вода не соответствует питьевому качеству. Разработки водохозяйственных технологий выполнены для Оренбургской агломерации и на территории маловодных районов Восточного Оренбуржья. Для различных условий в пределах Оренбургской области решен вопрос о локализации загрязнения, осолонения и повышенной радиации вод в процессе восполнения запасов эксплуатируемых водозаборов. В пределах Оренбургской городской агломерации это строительство небольших плотин в долине реки Урал, которые позволят частично аккумулировать паводковые воды и улучшить качество подземных вод в водозаборах. Строительство подземного водозабора около Кумакского водохранилища обеспечит население необходимым количеством воды.

Ключевые слова: водоемкая территория, водохозяйственные проблемы, барьерные технологии, загрязняющие вещества, повышенная радиация, эксплуатируемые водозаборы

Для цитирования: Куделина И. В., Леонтьева Т. В., Фатюнина М. В., Гаев И. А. Гидрогеологические факторы устойчивого развития водоемких территорий // *Геология, география и глобальная энергия.* 2025. № 1 (96). С. 43–48. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.006>.

HYDROGEOLOGICAL FACTORS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF WATER-DEFICIENT TERRITORIES

Inna V. Kudelina¹, Tatiana V. Leonteva^{2✉}, Marina V. Fatyunina³, Ivan A. Gaev⁴

Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹kudelina.inna@mail.ru

²tvleon@mail.ru✉

³marinafat81@mail.ru

⁴gaevivan@mail.ru

Abstract. The technical and economic development of Orenburg region, especially its eastern part, is hindered by a shortage of drinking-quality waters, widespread pollution, salinization and increased radiation. A difficult situation in the economic and drinking water supply of the population has developed in the Orenburg agglomeration, as well as in the south-east of the region in the village. Svetly and in the city of Yasny. The water supply here is provided by the waters of the Kumak reservoir, where the water does not meet drinking quality. Water management technologies have been developed for the Orenburg agglomeration and in the low-water areas of Eastern Orenburg region. For various conditions within the Orenburg region, the issue of localization of pollution, salinization and increased radiation of waters in the process of replenishing the reserves of operated water intakes has been resolved. Within the Orenburg urban agglomeration, this is the construction of small dams in the valley of the Ural River, which will partially accumulate floodwaters and improve the quality of groundwater in water intakes. The construction of an underground water intake near the Kumak reservoir will provide the population with the necessary amount of water.

Keywords: water-deficient territory, water management problems, barrier technologies, pollutants, increased radiation, operated water intakes

For citation: Kudelina I. V., Leontieva T. V., Fatyunina M. V., Gaev I. A. Hydrogeological factors of Sustainable development of water-deficient territories. *Geology, Geography and Global Energy.* 2025;1(96):41–46. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.006> (In Russ.).

С хозяйственным освоением территорий усиливаются процессы их загрязнения. Растет дефицит водных ресурсов не только питьевого качества, но и вод, необходимых для развития промышленного и гражданского строительства. Если до середины XX в. возможности применения водохозяйственных технологий определялись исключительно особенностями природных факторов территории, от которых зависит качество вод, то в процессе урбанизации и с расширением процессов загрязнения, водохозяйственная обстановка существенно осложнилась. Сократились объемы водных ресурсов, пригодных в хозяйственной деятельности, и усилилась потребность в мерах по экологической инженерии для обеспечения устойчивого развития производительных сил.

В условиях роста водопотребления в мировой и отечественной практике уже два столетия внедряются элементы новых водохозяйственных технологий, и прежде всего это водохозяйственные технологии искусственного увеличения количества подземных вод [1, 2, 3]. Приходная часть водного баланса в районах с полуаридным и аридным климатом обеспечивается за счет таяния снега в короткий период. Воды паводка стекают в акватории, не принося почти никакой пользы водному хозяйству, за исключением районов водохранилищ, из которых значительная часть вод теряется на испарение [4].

Материалы и методы

В ходе исследований был использован анализ фондовых и литературных источников. Проведены химические анализы для определения состава вод подземных и поверхностных водозаборов и резервуаров. Используются данные по естественным источникам загрязнения природных вод, а также о воздействии на них техногенных объектов.

С целью уменьшения потерь воды на испарение в южных регионах для аккумуляции паводковых вод предложено использовать коллекторы не только аллювия, но и трещинно-карстовых массивов известняков, а также мезозойских кор выветривания, широко развитых в Зауралье. В регионе имеются богатейшие минеральные ресурсы, освоение которых сдерживается водным дефицитом, обусловленным как природными, так и техногенными факторами.

Разработки водохозяйственных технологий выполнены для Оренбургской агломерации с одним из крупнейших в Европе нефтегазовым комплексом и на территории маловодных районов Восточного Оренбуржья, превышающего по площади многие европейские государства, составляя более 30 тыс. км² [5]. Подземные воды здесь формируются под влиянием естественных и техногенных факторов. При их изучении использованы методы моделирования и барьерные технологии [6, 7].

Результаты и обсуждение

Составим уравнение водного баланса территории. Приходная часть баланса – приток вод в аллювиальный горизонт, а расходную часть составит отток или забор воды. В искусственном водоеме приходными статьями баланса (А) служат атмосферные осадки (Х), величина конденсации (К), а также притоки из смежных горизонтов (Р):

$$A = X + K + P. \quad (1)$$

К расходным статьям баланса (В) относят величины испарения (Z) и водный сток: подземный (f) и поверхностный (V):

$$B = V + Z + f. \quad (2)$$

В засушливый период расходная статья (В) резко снижается, и уравнение водного баланса приобретает иной вид:

$$X + K + P = V + Z + f \pm \Delta W, \quad (3)$$

где – ΔW и + ΔW – расход или накопление влаги.

Сопоставление прихода и расхода воды для искусственного бассейна во времени с учетом техногенных и природных факторов определено с помощью приборов. К этим параметрам относятся: изменения глубин залегания и напоров, производительности скважин, ресурсов водозабора, скорости фильтрации вод, их минерализации, температуры и состава. Учтены также особенности ландшафтно-климатических, гидрологических, структурно-геологических и палеогидрогеологических условий. По сети скважин выполнены режимные гидрогеологические наблюдения.

Потребность в воде в межень резко растет, вызывая истощение водоносного горизонта. К водозабору подтягиваются некондиционные воды из смежных комплексов. Ресурсы вод восполняются во время паводка с улучшением их качества. Это свидетельствует о возможности стабилизировать ситуацию за счет восполнения запасов подземных вод.

У Оренбурга самый высокий уровень воды в Урале 842 см установлен в 1942 г. при среднем многолетнем 460 см. В скважинах водозабора разница между динамическим и статическим уровнями еще значительнее [6].

В пределах Сыртовского артезианского бассейна наблюдения за формированием подземных вод основных гидрогеологических подразделений (аQ, Р_{2ur}-Р_{3v}, Р_{2kz}.) проводились в естественных и в нарушенных условиях (табл.).

По результатам многолетних наблюдений установлено, что уровни подземных вод снижаются. Максимальные значения уровня подземных вод наблюдаются в мае-июне, минимальные – январе-декабре (рис. 1, 2).

Таблица – Характеристика основных водоносных горизонтов Сыртковского артезианского бассейна

Индекс и наименование водоносного горизонта	Назначение	Мощность, м	Абс.отм. уровня подземных вод, м	Напор вод над кровлей, м	Минерализация, г/дм ³	Тип химического состава	Компоненты, содержание которых превышает ПДК	Примечание
(aQ) Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт	ХПВ	7,5–14,0	55,96–91,51	–	0,43–1,4	Сульфатно-гидрокарбонатный	Fe, Br	Повышенное содержание Na, NO ₃ , Mn
(N ₂ -Q) Водоносный плиоценово-четвертичный комплекс	ХПВ	8,3	91,38	49,4	0,5–0,7	Гидрокарбонатный	–	–
(P ₂ ur-P ₃ v) Водоносный уржумско-вятский комплекс	ХПВ	23,9–52	89,08–166,26	12,85–131,56	0,43–0,46	Хлоридно-гидрокарбонатный, сульфатно-хлоридный	Fe	–
(P ₂ kz) Водоносный казанский комплекс	ХПВ	41,65	90,92–92,66	5,0–8,0	0,74	Гидрокарбонатный	–	–

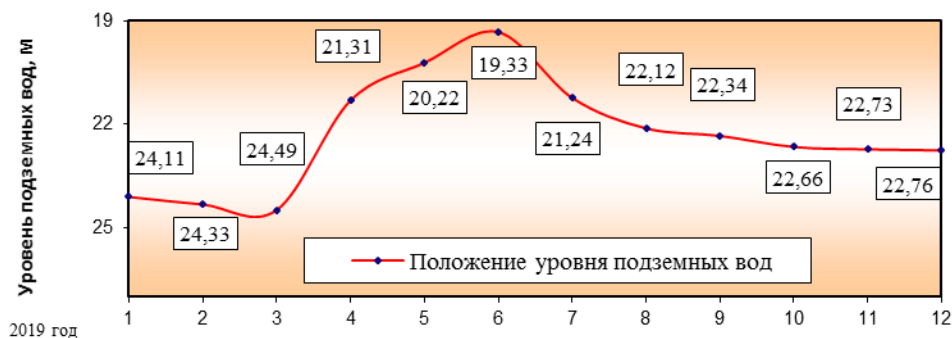


Рисунок 1 – Среднесуточные значения колебаний уровня подземных вод Уржумско-вятского водоносного комплекса

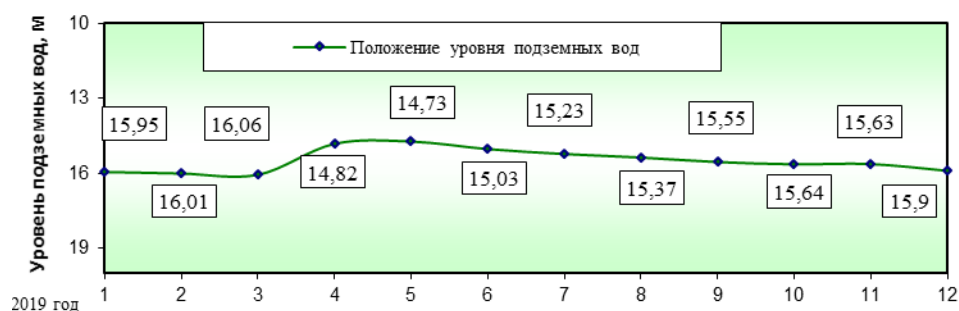
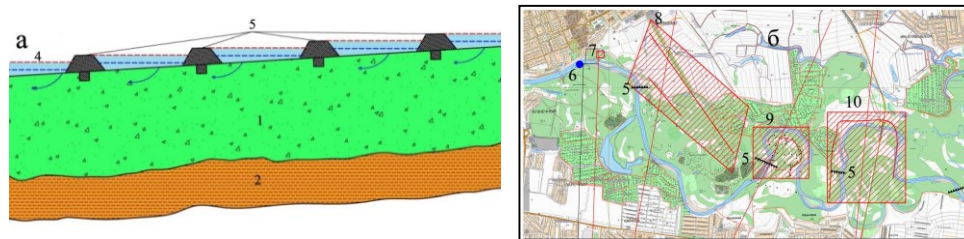


Рисунок 2 – Среднесуточные значения колебаний уровня подземных вод казанского водоносного комплекса

Чтобы стабилизировать работу скважин и по производительности, и по качеству вод, предложено построить на реке каскад небольших плотин, подняв уровень воды не более чем на 3 м [6, 7] (рис. 3).



профиль

план

Рисунок 3 – Участок речной долины Урала с водоемами, частично аккумулирующими воды паводков:
 а – профиль долины; б – ее план: 1 – песчано-гравийно-галечный аллювий; 2 – глинистый водоупор;
 3 – уровень в реке до и 4 – после подпора; 5 – искусственные водоемы; 6 – гидропост Оренбурга;
 7 – Уральский «открытый» водозабор; 8 – Уральский подрусловый водозабор;
 9 – Ивановский водозабор; 10 – Южно-Уральский водозабор

Тогда высокая пойма не будет залита, а объем воды (Q , м³/сут.) составит:

$$Q = K_{\phi} \cdot F \cdot \frac{\Delta h}{L} = K_{\phi} \cdot F \cdot I, \quad (4)$$

где F – площадь сечения потока, в м²;

Δh – разница в напорах двух заданных сечений, в м;

L – путь фильтрации, в м;

$I = \Delta H/L$ – градиент гидравлический.

По Ивановскому водозабору рассчитаны элементы водного баланса с учетом материалов Компании «Вотемиро» и данных многолетней эксплуатации водозаборных скважин [8, 9].

Объем воды в м³/сут., фильтрующейся в межень к скважинам, составит:

$$Q_1 = K_{\phi} \cdot F_1 \cdot \frac{\Delta H}{L} = K_{\phi} \cdot F_1 \cdot I = 422 \cdot 17000 \cdot 0,0013 = 9326 \text{ м}^3 / \text{сут.},$$

$$\text{где } F_1 = l \cdot h_1 = 2500 \cdot 6,8 = 17000 \text{ м}^2 \quad I = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{85,3 - 84,5}{600} = 0,0013,$$

где ширина профиля $l = 2500$ м;

гидроизогипсы на водозаборе H_1 и H_2 равны соответственно 85,3 м и 84,5 м;

отрезки между гидроизогипсами $L = 600$ м.

Объем воды, фильтрующейся из водоемов, составит:

$$Q_2 = K_{\phi} \cdot F_2 \cdot \frac{\Delta H}{L} = K_{\phi} \cdot F_2 \cdot I = 422 \cdot 24500 \cdot 0,0013 = 13440 \text{ м}^3 / \text{сут.},$$

$$F_2 = l \cdot h_2 = 2500 \cdot 9,8 = 24500 \text{ м}^2,$$

где мощность пласта после подъема уровня воды составит $h_2 = 9,8$ м.

Водопритоки (Q) к скважинам у водоема составят:

$$Q = 1,366 \cdot \frac{K_{\phi} \cdot (h^2 - h_d^2)}{\lg 2L - \lg r}, \quad (5)$$

где h_d – значение динамического уровня воды, м;

L – расстояние между водозабором и водоемом, м;

r – радиус водозаборных скважин, м.

Производительность каждой скважины при эксплуатации в среднем составила 1 200 м³/сут. После строительства плотины и подъема уровня подземных вод производительность скважин возрастет до 2 057 м³/сут., то есть увеличится в 1,5–2 раза. Следовательно, при восполнении запасов вод действующих водозаборов можно избежать истощения вод, и отпадет потребность в строительстве дополнительных скважин.

Установлено, что подъем уровня воды в реке на 2–3 м за счет искусственных водоемов обеспечивает восполнение запасов вод, увеличение производительности водозабора и получение вод питьевого качества без затопления высокой поймы и необходимости бурения новых скважин.

В Восточном Оренбуржье сложилась более сложная ситуация из-за близости аридной зоны. На примере участка Кумакского водохранилища очевидна эффективность применения разработанных нами технологий. Здесь, кроме закономерного уменьшения модуля водного стока и ухудшения качества вод в юго-восточном направлении, существенно проявляются процессы вторичного засоления и осолонения вод за счет реликтов солевого морского комплекса в миоцен-нижнеплейстоценовых и палеогеновых осадках. Кроме того, на территории широко развиты гидрогеологические массивы гранитоидов с радоном и радиоактивными продуктами его распада [5].

Из-за малой мощности аллювия для аккумуляции паводковых вод в Восточном Оренбуржье рекомендовано использовать слабо изученные типы коллекторов в закарстованных известняках и в мезозойской коре выветривания. Для этой территории обоснована принципиальная возможность применения технологии восполнения запасов во всех районах, включая наиболее засушливый Светлинский район. В настоящее время хозяйственно-питьевое водоснабжение населения пос. Светлого и г. Ясного осуществляется за счет вод Кумакского водохранилища. Это достаточно по объему, но не соответствует питьевому качеству.

У насосной станции Кумакского водохранилища, по данным компании Воттемиро и в соответствии с региональной программой «Чистая вода» [10, 11, 12], построен профиль и разработана модель комплексного барьера для защиты подземных и поверхностных вод от загрязнения (рис. 4).

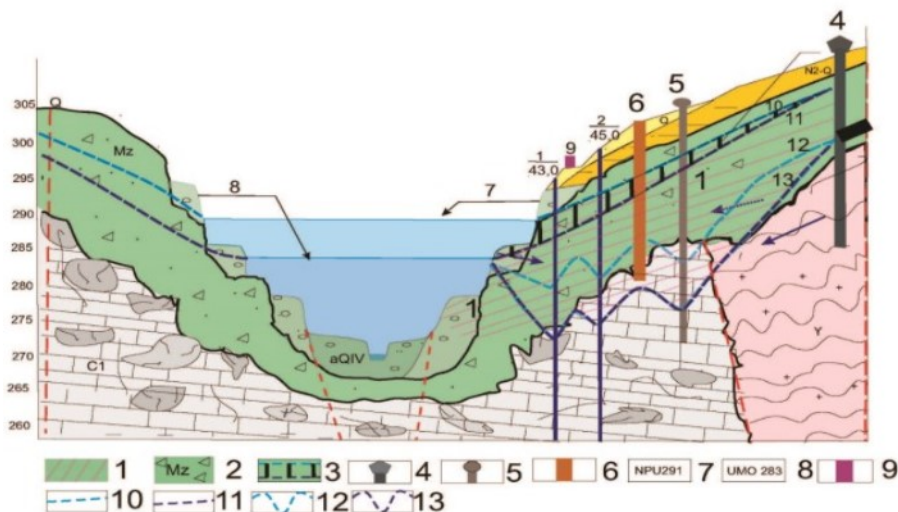


Рисунок 4 – Характер взаимосвязи аллювиальных и речных вод в зоне их взаимовлияния на примере Кумакского водохранилища: 1 – аллювиальные отложения; 2 – мезозойская кора выветривания; 3 – аллювий, обеспечивающий самоочищение вод при его подтоплении; 4 – стенка из адсорбционного материала; 5 – труба для дренажа загрязненных вод; 6 – гидродинамический барьер. Водозаборные скважины – 1, 2, 3 и их глубина. Уровни воды в водоеме: 7 – НПУ = 291; 8 – УМО = 283; 9 – насосная станция; 10 – статический уровень при УМО; 11 – статический уровень при НПУ; 12 – динамический уровень при УМО; 13 – динамический уровень при НПУ. Абсолютные отметки высот приведены в метрах

Рассчитаны расходы водозаборных скважин при нормальном подпорном уровне (НПУ = 291 м) и максимальном уровне сработки вод в водохранилище (УМО = 283 м). При УМО одна из трех скважин способна обеспечить воду в объеме 546 м³/сут., а три скважины – 1 639 м³/сут., или 598 341 м³/год. При НПУ = 291 м дебит одной из двух скважин составит 923 м³/сут, двух – 1 847 м³/сут., а за год они обеспечат 674 129 м³ воды [5]. При восполнении аллювиальных вод у водохранилища за счет частичного аккумуляции паводкового стока, формирующегося за пределами гранитоидов, обеспечивается нормативный уровень радиации вод, о чем свидетельствует моделирование. Оригинальные комплексные барьеры защищают воды от загрязнения.

Выводы

Впервые для различных условий в пределах Оренбургской области решен вопрос о локализации загрязнения, осолонения и повышенной радиации вод в процессе восполнения запасов эксплуатируемых водозаборов. Это обеспечит необходимое количество вод и их питьевое качество. В пределах Оренбургской городской агломерации строительство небольших плотин в долине реки Урал позволит частично аккумулятировать паводковые воды и улучшить качество подземных вод в водозаборах. Строительство подземного водозабора около Кумакского водохранилища обеспечит население необходимым количеством воды. Фильтрация этой воды через аллювий придаст воде питьевое качество.

Создание комплексного барьерного сооружения, эффективность которого обоснована экспериментально, обеспечит защиту водозаборов от загрязнения.

Список литературы

1. Айсберг Р. Е., Аксаментова Н. В., Белонин М. Д. Докембрий Восточно-Европейской платформы: геология и нефтегазоносность. Санкт-Петербург: ВНИГРИ, 2002. 391 с.
2. Блинов С. М. Основы применения геохимических барьеров для охраны окружающей среды: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. 11.00.11. Пермь: Перм. ун-т, 2000. 23 с.

3. Гидрогеология СССР. Т. 43. Оренбургская обл. / под ред. Е. И. Токмачева. Москва: Недра, 1972. 272 с.
4. Гольдберг В. М., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. Москва: Наука, 1984. 262 с.
5. Гуцаки В. А., Гудосников В. В. Кора выветривания Орского Зауралья. Саратов: НИИ геологии при университете им. Н.Г. Чернышевского, 1963. 281 с.
6. Зекцер И.С., Каримова О. А., Четверикова А. В. Ресурсы пресных подземных вод России и их использование в чрезвычайных ситуациях // Водные ресурсы. 2015. Т. 42, № 4. С. 351–366.
7. Ковалевский В. С. Комбинированное использование ресурсов поверхностных и подземных вод. Москва: Научный мир, 2001. 332 с.
8. Коротков А. И., Хархордин И. Л. Формирование подземных рассолов Южно-Татарского свода // VI Толстихинские чтения. Санкт-Петербург, 1997. С. 46–49.
9. Куделина И. В. О возможности стабилизировать режим работы водозаборов Оренбургской городской агломерации // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2018. № 2. С. 68–72.
10. Куделина И. В. Пути стабилизации режима аллювиальных водозаборов в условиях полуаридного климата // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2018. № 2. С. 82–86.
11. Питьева К. Е. Гидрогеоэкологические исследования в районах нефтяных и газовых месторождений. Москва: Недра, 1999. 199 с.
12. Плотников Н. И., Плотников Н. А., Сычев К. И. Гидрогеологические основы искусственного восполнения запасов подземных вод. Москва: Недра, 1978. 311 с.

References

1. Iceberg P.E., Aksamentova N.V., Belonin M.D. *Precambrian of the East European Platform: geology and oil and gas potential*. Saint Petesburg: VNIGRI; 2002:391 (In Russ.).
2. Blinov S.M. *Fundamentals of the use of geochemical barriers for environmental protection: abstract of the dissertation of PhD 11.00.11*. Perm: Perm. Univ.; 2000:23 (In Russ.).
3. *Hydrogeology of the USSR. Vol. 43. Orenburg region*. Ed. by E. I. Tokmachev. Moscow: Nedra; 1972:272 (In Russ.).
4. Goldberg V. M., Gazda S. *Hydrogeological foundations of groundwater protection from pollution*. Moscow: Nauka Publ.; 1984:262 (In Russ.).
5. Gutsaki V. A., Gudoshnikov V. V. *Weathering crust of the Orsk Trans-Urals*. Saratov: Research Institute of Geology at the University named after N.G. Chernyshevsky; 1963:281 (In Russ.).
6. Zektser I. S., Karimova O. A., Chetverikova A. V. Fresh groundwater resources of Russia and their use in emergency situations. *Water Resources*. 2015;42(4):351–366 (In Russ.).
7. Kovalevsky V. S. *Combined use of surface and groundwater resources*. Moscow: Scientific world; 200:332 (In Russ.).
8. Korotkov A. I., Kharkhordin I. L. Formation of underground brines of the South Tatar arch. *VI Tolstikhinsky readings*. Saint Petesburg; 1997:46–49 (In Russ.).
9. Kudelina I. V. On the possibility of stabilizing the mode of operation of water intakes in the Orenburg urban agglomeration. *Science, New technologies and Innovations of Kyrgyzstan*. Bishkek, 2018;2:68–72 (In Russ.).
10. Kudelina I. V. Ways to stabilize the regime of alluvial water intakes in a semi-arid climate. *Science, new technologies and innovations of Kyrgyzstan*. Bishkek. 2018 ; 2 : 82–86 (In Russ.).
11. Pisheva K. E. *Hydrogeoecological studies in areas of oil and gas fields*. Moscow: Nedra; 1999:199 (In Russ.).
12. Plotnikov N. I., Plotnikov N. A., Sychev K. I. *Hydrogeological foundations of artificial replenishment of groundwater reserves*. Moscow: Nedra; 1978:311 (In Russ.).

Информация об авторах

Куделина И. В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии, геодезии и кадастра;
Леонтьева Т. В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии, геодезии и кадастра;
Фатюнина М. В. – старший преподаватель кафедры геологии, геодезии и кадастра;
Гаев И. А. – преподаватель кафедры геологии, геодезии и кадастра.

Information about the authors

Kudelina I. V. – Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre;
Leonteva T. V. – Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre;
Fatyunina M. V. – Senior Lecturer at the Department of Geology, Geodesy and Cadastre;
Gaev I. A. – lecturer of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre.

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 02.12.2024; одобрена после рецензирования 13.01.2025; принята к публикации 28.01.2025.

The article was submitted 02.12.2024; approved after reviewing 13.01.2025; accepted for publication 28.01.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 47–53.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):47–53 (In Russ.).

Научная статья

УДК 911.2

<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.007>

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ОТ ГРАДА**

Лиев Кайсын Борисович¹, Кушев Станислав Александрович²✉

Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия

¹ buffy_li@mail.ru

² stasuk6@mail.ru✉

Аннотация. В статье рассматриваются случаи градобитий на территории Краснодарского края, их локализация и последствия для сельского хозяйства региона. Основное внимание уделено анализу ущерба, причиненного различным сельскохозяйственным культурам. В ходе полевых обследований выявлены поля, поврежденные градом, для изучения которых использовались современные методы, включая облеты с применением беспилотных летательных аппаратов, фото- и видеосъемку, а также анализ спутниковых снимков. Урожайность после градобития зависит от вегетационного периода культуры и кинетической энергии градового процесса, некоторые культуры могут восстановиться, а некоторые могут дать непригодный урожай. В работе представлены данные о влиянии града на различные сельскохозяйственные культуры в разные вегетационные периоды, подчеркивая масштабы и разнообразие ущерба и способствуя разработке мер по минимизации негативных последствий.

Ключевые слова: град, активное воздействие, ущерб, градовые ячейки, градоопасность, фаза роста, вегетация, кукуруза, пшеница, свекла, градовая дорожка

Для цитирования: Лиев К. Б., Кушев С. А. Современные методы обследования повреждений сельскохозяйственных растений от града // *Геология, география и глобальная энергия.* 2025. № 1 (96). С. 47–53. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.007>.

**MODERN METHODS OF INSPECTING DAMAGE
TO AGRICULTURAL PLANTS FROM HAIL**

Kaisyn B. Liev¹, Stanislav A. Kushchev²✉

Highland Geophysical Institute, Nalchik, Russia

¹ buffy_li@mail.ru

² stasuk6@mail.ru✉

Abstract. The article examines cases of hailstorms in the Krasnodar region, their localization, and the consequences for the region's agriculture. The primary focus is on analyzing the damage caused to various agricultural crops. Field surveys identified hail-damaged fields, which were studied using modern methods, including drone-based aerial surveys, photo and video documentation, as well as satellite imagery analysis. Crop yield after a hailstorm depends on the crop's vegetative stage and the kinetic energy of the hail process; some crops may recover, while others may produce unsuitable yields. The study provides data on the impact of hail on various crops at different vegetative stages, highlighting the extent and diversity of damage and contributing to the development of measures to mitigate negative effects.

Keywords: hail, active influence, damage, hail cells, hail hazard, growth phase, vegetation, corn, wheat, beets, hail path

For citation: Liev K. B., Kushchev S. A. Modern methods of inspecting damage to agricultural plants from hail. *Geology, Geography and Global Energy.* 2025;1(96):47–53. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.007> (In Russ.).

Введение

Град – одно из самых опасных явлений в природе в летний период. Почти на всей территории России, где могут развиваться активные конвективные процессы, наблюдается выпадение града. Развитие интенсивных градовых процессов в России может быть вызвано различными факторами, такими как изменение климата, сезонные колебания температуры и влажности,

а также географические особенности регионов. В связи с этим существует необходимость в развитии более эффективных методов прогнозирования и предупреждения градобитий, а также введения мер защиты населения и сельскохозяйственной продукции.

Северный Кавказ является одним из наиболее градоопасных районов в России. Это связано с высокой температурой поверхности, сложной орографией и большим количеством влаги в воздушных массах, приходящих с бассейна Черного моря [5]. В регионах Северного Кавказа происходят катастрофические градобития, которые могут повредить урожай, что может привести к значительным финансовым потерям для фермеров и сельхозпредприятий и причинить значительный ущерб населению.

В Северо-Кавказских регионах, где градовые процессы являются обычным явлением, используется ракетная технология активных воздействий на градовые облака, фермеры используют противоградовые сетки, чтобы защитить свои посевы от ударов града [1]. Но, несмотря на это, полностью избежать ущерба не получается, он может исчисляться в миллионах и даже миллиардах долларов, в зависимости от его интенсивности и масштабов. Например, в США ущерб от градобития в 2019 г. составил более 1,2 миллиарда долларов. В России ущерб от градобития также может быть значительным. Например, в 2022 г. ущерб только сельхозпроизводителей от градобития в Краснодарском крае оценивался 160 млн рублей.

Материалы и методы

Целью настоящего исследования, проведенного на территории Краснодарского края, является изучение повреждаемости градом сельскохозяйственных культур и оценка ущерба с помощью различных методов.

Как мы уже говорили, ранее град на территории Северного Кавказа выпадает с апреля по сентябрь, например, в Краснодарском крае за сезон 2021 г. было 40 дней с градом. Самый большой ущерб в 2021 г. сельскохозяйственным угодьям был нанесен 4 июня. Всего на защищаемой территории службы за 4 июня ущерб получили сельхозкультуры на площади 3511 га в пересчете на 100% гибель 1015,7 га [3]. За данный день была построена карта кинетической энергии града с помощью метеорологического радиолокатора (рис. 1).

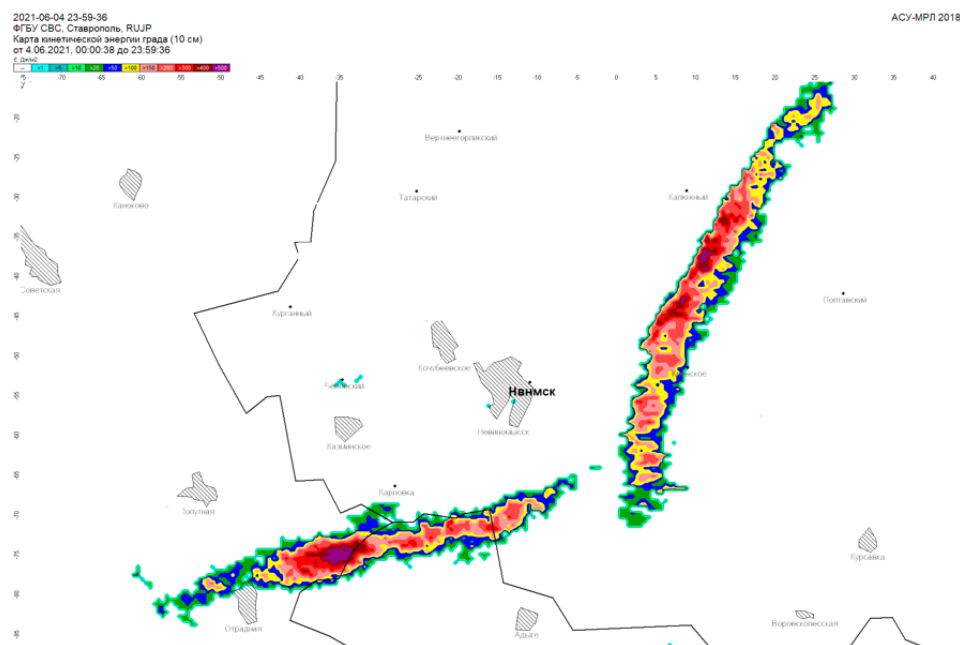


Рисунок 1 – Кинетическая энергия града 4 июня 2021 г.

Как видно из рисунка, была 1 градовая дорожка протяженностью около 50 км, в некоторых местах кинетическая энергия достигала 700 Дж/м². Нас больше интересует градовая дорожка рядом со ст. Отрадная, возле границы Краснодарского края и Карачаево-Черкесской Республики.

После построения карты кинетической энергии был совершен выезд с целью обследования ущерба сельскохозяйственным растениям. В этот день от града пострадали: озимая пшеница, соя, кукуруза, сахарная свекла, овес, ячмень, пустырник, рапс.

Одним из наиболее очевидных последствий града является повреждение растений. Град может ломать стебли, листья и плоды растений, что приводит к уменьшению урожая. Кроме того, град может привести к различным заболеваниям растений, таким как гниль и бактериальная инфекция. Поврежденные культуры могут стать более восприимчивыми к заболеваниям и вредителям, что также может привести к уменьшению урожая в будущих сезонах.

Поврежденные поля обследованы с помощью БПЛА (квадрокоптера Mavic air), сделаны фото- и видеоснимки. Было произведено 6 полетов над побитыми участками (рис. 2).

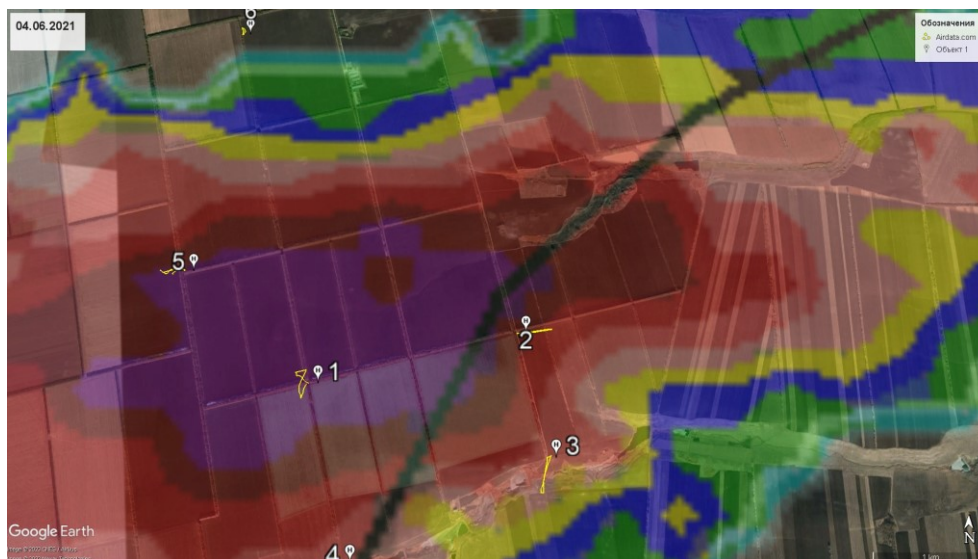


Рисунок 2 – Места обследования поврежденных полей 4 июля 2021 г.

Рисунок 2 показывает, что ущерб от градобития можно оценить по радиолокационным данным, сопоставив кинетическую энергию града и спутниковый снимок. В дальнейшем при накоплении значительного материала можно будет оценивать ущерб по величине кинетической энергии и культуры в тот или иной период вегетации [4].

Результаты и обсуждение

Урожайность после градобития зависит от вегетационного периода культуры и кинетической энергии градового процесса, некоторые культуры могут восстановиться, а некоторые могут дать непригодный урожай. Наибольший вред наносит град в период цветения и созревания плодов сельскохозяйственных культур, когда поврежденные растения не в состоянии восстановить свои органы. Авторами были обследованы поврежденные поля кукурузы, озимой пшеницы, сахарной свеклы и рапса.

Наибольшую повреждаемость кукуруза имеет в период формирования листьев (66,2 %) и в фазу выметывания метелки – цветения (25,5 %), значительно меньшую повреждаемость – в период всходов и молочно-восковой спелости [2].

Наибольшая повреждаемость кукурузы в период формирования листьев связана с годовым ходом града и длительностью межфазного периода (рис. 3). Период формирования листьев длится 50 дней и приходится на май-июнь (месяцы наибольшей повторяемости выпадения града). Повреждение кукурузы в период выметывания метелки – цветение связано с состоянием самого растения. Этот период вегетации кукуруза проявляет большую чувствительность к граду.

Озимая пшеница больше всего повреждается в фазу выхода в трубку – колошения (40,4 %) [2]. Это обусловлено длительностью межфазного периода и наибольшей повторяемостью града в этот период.

Значительно повреждается пшеница и в период цветения – налива зерна (21 %) и молочно-восковой спелости (38,6 %). В эти периоды, особенно в последний, в повреждении растений решающую роль играет не длительность межфазного периода, а состояние самого растения. Если озимая пшеница повреждается в период вегетации и градобитие полностью не уничтожило посевы, то состояние поврежденных растений при дальнейших благоприятных погодных условиях может улучшиться и урожай будет в пределах нормы (рис. 4).



Рисунок 3 – Поврежденная кукуруза с земли и с дрона

Посевы озимой пшеницы, поврежденные во второй половине вегетации (перебиты колоса, стебли отбиты, повалены ветром и затоплены ливнем, поскольку град почти всегда сопровождается ливнем и ветром, или зерно в какой-то мере вымолочено), уже не могут восстановиться, и урожай получится значительно заниженным, поэтому повреждения в этот период вегетации очень опасны.



Рисунок 4 – Поврежденная озимая пшеница с земли и с дрона

Свекла является наиболее уязвимой к граду в период ее роста и развития, когда молодые растения только начинают формировать листья и корневую систему (рис. 5). Обычно это происходит в течение первых 4–6 недель после посева. Если свекла была повреждена градом в этот период, то ее развитие может быть сильно замедлено или даже остановлено.

Рапс чувствителен к повреждениям градом на разных стадиях своего развития, но наиболее опасным периодом является период цветения.

Повреждения от града в период цветения могут нанести значительный урон урожаю, так как в этот период происходит опыление и формирование бобов, которые будут содержать семена. Если бобы повреждены, то они могут не полностью развиться и иметь низкую массу, что снизит урожайность и качество продукции. Кроме того, повреждения от града в начальном периоде роста рапса могут привести к замедлению роста растений и снижению урожайности в целом. Поэтому важно принимать меры защиты от града на всех этапах вегетации рапса.

Критический ущерб от градобития также можно увидеть на спутниковых снимках. Оценка ущерба сельскохозяйственных угодий от града также может быть выполнена с помощью спутниковых снимков. Одним из методов является использование данных о растительном покрове, полученных с помощью спутников, до и после града. Это позволяет определить изменения в состоянии растительности и оценить масштаб повреждений.



Рисунок 5 – Поврежденная сахарная свекла с земли и с дрона

Для примера возьмем градобитие, случившееся в Краснодарском крае 16 августа 2022 г. Поле с кукурузой получило 100-процентный ущерб, кинетическая энергия града составила 256 Дж/м², кукуруза находилась в фазе роста «восковая спелость».

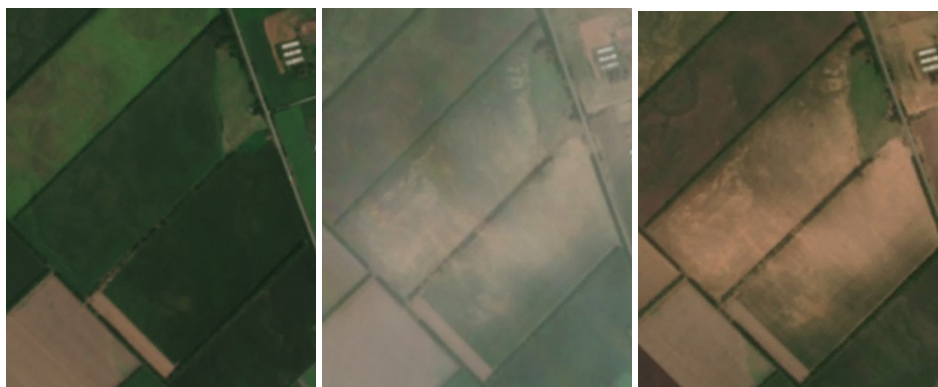


Рисунок 6 – Спутниковые снимки 15, 20, 25 августа 2022 г.

Как видно из рисунка 6, поля кукурузы 15 августа имели зеленый оттенок, после градобития 16 августа растения начали высыхать.

Другой метод – использование индекса вегетации, такого как NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Этот индекс основан на разнице в отражении света в ближнем инфракрасном и видимом спектрах, что позволяет определить степень зеленого покрова на поверхности. Изменения в индексе NDVI до и после града могут использоваться для определения масштаба ущерба.

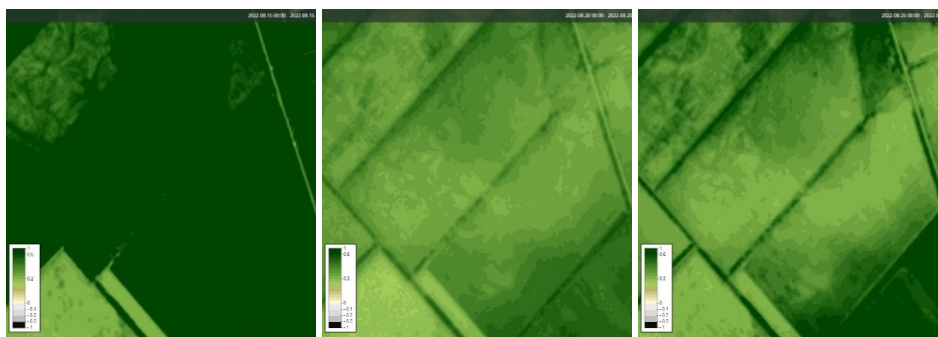


Рисунок 7 – Спутниковые снимки в индексе NDVI 15, 20, 25 августа 2022 г.

Также было проведено обследование на местности и сделаны снимки с земли и с дрона (рис. 8).



Рисунок 8 – Поврежденная кукуруза с земли и с дрона

После такого критического повреждения полей с кукурузой урожай пришел в негодность на площади 240 га.

Выводы

В заключение мы делаем вывод, что с помощью квадрокоптера и совмещенной карты кинетической энергии града можно находить места повреждений от града, определять площади градобитий, а также в дальнейшем эмпирическими коэффициентами связать кинетическую энергию града с ущербом по различным культурам и периодам вегетации. При накоплении достаточного материала по различным культурам, применение квадрокоптера ускорит процесс анализа ущерба и улучшит достоверность обследований. Также с помощью спутниковых данных появляется возможность определять факт градобития и возможный ущерб.

Урожайность после градобития зависит от вегетационного периода культуры и кинетической энергии градового процесса, некоторые культуры могут восстановиться, а некоторые могут дать непригодный урожай.

Наибольший ущерб кукурузе может быть нанесен в фазе роста «восковая спелость». Если во время других вегетационных фаз растение может восстановиться, то в этой стадии урожай может полностью прийти в негодность.

Список литературы

1. Инюхин В. С., Кушев С. А., Лиев К. Б., Макитов В. С. Радиолокационные исследования распределения зон формирования первого радиоэха градовых облаков // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2016. Т. 52, № 6. С. 691–698. ISSN: 0002–3515. eISSN: 1555–628X.
2. Кортова И. Н. Град и повреждения, наносимые им сельскохозяйственным культурам в разные периоды вегетации на территориях Кабардино-Балкарской и Северо-Осетинской АССР // Тр. ВГИ. 1969. Вып. 14. С. 254–266.
3. Лиев К. Б., Кушев С. А. Анализ градобития 4 июня 2020 года // Перспектива – 2021: материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. С. 288–293.
4. Лиев К. Б., Кушев С. А. Использование современных технологий для определения ущерба от градобитий // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2022. № 606. С. 152–158.
5. Суспицына Ю. В., Кушев С. А. Прогнозирование зарождения градовых облаков на территории Краснодарского края // Дневники науки. 2021. № 12 (60) С. 1–10.

References

1. Inyukhin V. S., Kushchev S. A., Liev K. B., Makitov V. S. Radar studies of the distribution of zones of formation of the first radio echo of hail clouds. *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Physics of the atmosphere and ocean*. 2016;52(6):691–698. ISSN: 0002–3515. eISSN: 1555–628X (In Russ.).
2. Kortava I.N. Hail and the damage it causes to agricultural crops during different periods of the growing season in the territories of the Kabardino-Balkarian and North Ossetian Autonomous Soviet Socialist Republics. *Proceedings of VGI*. 1969;14:254–266 (In Russ.).
3. Liev K. B., Kushchev S. A. Analysis of hail damage on June 4, 2020. *Perspective – 2021: materials of the International scientific conference of students, graduate students and young scientists*; 2020:288–293 (In Russ.).
4. Liev K. B., Kushchev S. A. Use of modern technologies to determine damage from hail. *Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after. A.I. Voeykova*. 2022;606:152–158 (In Russ.).
5. Suspitsyna Yu.V., Kushchev S.A. Forecasting the origin of hail clouds on the territory of the Krasnodar Territory. *Science Diaries*. 2021;12(60):1–10 (In Russ.).

Информация об авторах

Лиев К. Б. – кандидат физико-математических наук, и.о. зав. отделом активных воздействий;
Кушчев С. А. – младший научный сотрудник отдела активных воздействий.

Information about the authors

Liev K. B. – Ph.D, Acting Head of the Department of Active Influences;
Kushchev S. A. – Junior Researcher, Department of Active Influences.

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 21.01.2025; одобрена после рецензирования 06.02.2025; принята к публикации 12.02.2025.

The article was submitted 21.01.2025; approved after reviewing 06.02.2025; accepted for publication 12.02.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 54–59.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):54–59 (In Russ.).

Научная статья

УДК 614.771

<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.008>

СОВРЕМЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Синцов Александр Владимирович^{1✉}, Бармин Александр Николаевич², Васильев Александр Юрьевич³, Синцова Наталия Владимировна⁴

Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия

¹limsav@yandex.ru✉

²abarmin60@mail.ru

³alexpriv2022@mail.ru

⁴bimsav@yandex.ru

Аннотация. Современные крупные урбанизированные системы представляют собой территории с высоким уровнем техногенного воздействия на окружающую среду и ее компоненты, в том числе и на почвенный покров. Техногенное воздействие на почвенный покров выражается в процессе загрязнения, а именно в поступлении большого количества загрязняющих веществ в результате функционирования источников техногенного происхождения. Одним из процессов техногенного воздействия на почву является процесс загрязнения тяжелыми металлами. Данный процесс несет негативное влияние на почвенный покров за счет опасных свойств, характерных некоторым элементам, относящимся к группе тяжелых металлов. Одной из крупных урбанизированных территорий Северного Прикаспия является город Астрахань. На территории города присутствует большое количество источников поступления в почву элементов-загрязнителей, относящихся к группе тяжелых металлов. К основным элементам-загрязнителям на территории города, который может оказывать негативное влияние на почвенный покров, относится медь. В статье дается анализ современного содержания меди в почве города Астрахани.

Ключевые слова: почва, почвенный покров, г. Астрахань, урбанизированные территории, тяжелые металлы, загрязнение, исследование

Для цитирования: Синцов А. В., Бармин А. Н., Васильев А. Ю., Синцова Н. В. Современное содержание меди в почвенном покрове урбанизированных территорий Северного Прикаспия // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 54–59. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.008>.

CURRENT COPPER CONTENT IN THE SOIL COVER OF URBANIZED AREAS OF THE NORTHERN CASPIAN REGION

Alexander V. Sintsov^{1✉}, Alexander N. Barmin², Alexander Yu. Vasiliev³, Natalia V. Sintsova⁴

Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

¹limsav@yandex.ru✉

²abarmin60@mail.ru

³alexpriv2022@mail.ru

⁴bimsav@yandex.ru

Abstract. Modern large urbanized systems are territories with a high level of technogenic impact on the environment and its components, including the soil cover. Technogenic impact on the soil cover is expressed in the process of pollution, namely in the entry of a large number of pollutants as a result of the functioning of technogenic sources. One of the processes of technogenic impact on the soil is the process of pollution with heavy metals. This process has a negative impact on the soil cover due to the hazardous properties characteristic of some elements belonging to the group of heavy metals. One of the large urbanized territories of the Caspian region is the city of Astrakhan. On the territory of the city there are a large number of sources of polluting elements belonging to the group of heavy metals into the soil. The main polluting elements in the city, which can have a negative impact on the soil cover, include copper. The article provides an analysis of the current copper content in the soil of the city of Astrakhan.

Keywords: soil, soil cover, Astrakhan city, urbanized areas, heavy metals, pollution, contamination, research

For citation: Sintsov A. V., Barmin A. N., Vasiliev A. Yu., Sintsova N. V. Current copper content in the soil cover of urbanized areas of the Northern Caspian region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):54–59. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.008> (In Russ.).

Техногенное воздействие на окружающую среду возрастает с каждым годом, что связано как с увеличивающимся количеством источников, так и со спецификой самого процесса техногенеза. В результате техногенного воздействия преобразованию подвергаются также отдельные компоненты окружающей природной среды, в том числе и почвенный покров. Одним из процессов техногенного преобразования окружающей среды является процесс загрязнения. В свою очередь, процесс загрязнения почвенного покрова подразделяется на несколько видов: механический, биологический, физический и химический. Одним из наиболее опасных видов загрязнения почвы, который может сделать ее непригодной для дальнейшей хозяйственной деятельности, а восстановление экофункциональности займет длительное время, является процесс химического загрязнения.

В ходе химического загрязнения в почву поступают химические вещества, которые являются нехарактерными для местного химического состава почвенного покрова или в таком объеме, что превышает предельно допустимую концентрацию, тем самым изменяя химический состав почвы и нарушая их экологическое функционирование.

К одним из наиболее опасных химических веществ, которые могут загрязнить почву и представляют высокую опасность для окружающей природной среды, являются химические элементы, относящиеся к группе тяжелых металлов.

Некоторые тяжелые металлы обладают высокой токсичностью и могут накапливаться в живых организмах, угнетая их жизненные функции.

Одним из таких тяжелых металлов, который может представлять опасность для окружающей природной среды, является медь – Cu.

В почве данный элемент, в соответствии с ГОСТ 17.4.1.02–83, относится к умеренно опасным веществам и имеет второй класс опасности [5].

Основными источниками поступления меди в почву на урбанизированных территориях являются объекты промышленно-производственного комплекса (предприятия металлургии, металлообработки, машиностроения, химической промышленности), объекты транспортного назначения, агрохозяйственной, инженерно-строительной, топливно-энергетической, коммунально-хозяйственной деятельности.

В рамках изучения современного состояния почвенного покрова урбанизированных территорий Северного Прикаспия в 2024 г. проводились исследования содержания тяжелых металлов в почве городов, расположенных на территории Астраханской области. Наиболее крупным городом на территории Астраханской области, а также одним из наиболее крупных урбанизированных поселений на территории Северного Прикаспия является г. Астрахань.

Город Астрахань занимает около 209 км² и разделен на 4 административных района. На территории г. Астрахани отмечается высокое техногенное воздействие на почвенный покров (также и на другие компоненты окружающей среды). Город расположен на двух берегах р. Волги (на правом берегу расположен Трусовский административный район, на левом берегу расположены Кировский, Ленинский, Советский административные районы).

На территории города основными источниками поступления в почву тяжелых металлов, в том числе и меди, являются объекты коммунально-хозяйственного назначения (эксплуатация и ремонт технических систем водоснабжения и водоотведения, энергетики, связи, отопления и т. д.), промышленности, транспортной системы и инженерно-строительной деятельности.

В ходе проводимого исследования было установлено количество основных крупных источников поступления тяжелых металлов в почву города стационарного расположения – 115 объектов. Наибольшее количество стационарных источников загрязнения почвенного покрова города сконцентрировано на территории левого берега реки [9–11].

Для изучения содержания тяжелых металлов в почвенном покрове города Астрахани было заложено 22 пробные площадки, основная часть которых располагается в жилой зоне города (20 пробных площадок), одна площадка расположена в промышленно-производственной и складской зоне, одна пробная площадка расположена на окраине города в слабо застроенной и слабо эксплуатируемой зоне.

Также можно отметить, что пробные площадки расположены в разных административных районах г. Астрахани: 4 площадки на территории Ленинского района; 5 площадок на территории Кировского района; 7 – на территории Советского района, 6 – на территории Трусовского района.

На каждой пробной площадке для проведения химического анализа была взята объединенная проба. Глубина забора почвенного материала составляла до 0,15 м от поверхности.

На втором этапе, после полевых работ, проводились лабораторные исследования на содержание в почвенных пробах тяжелых металлов, в том числе и меди. Химический анализ полученных почвенных образцов проводился на основе методики выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии (М-МВИ-80-2008) [7].

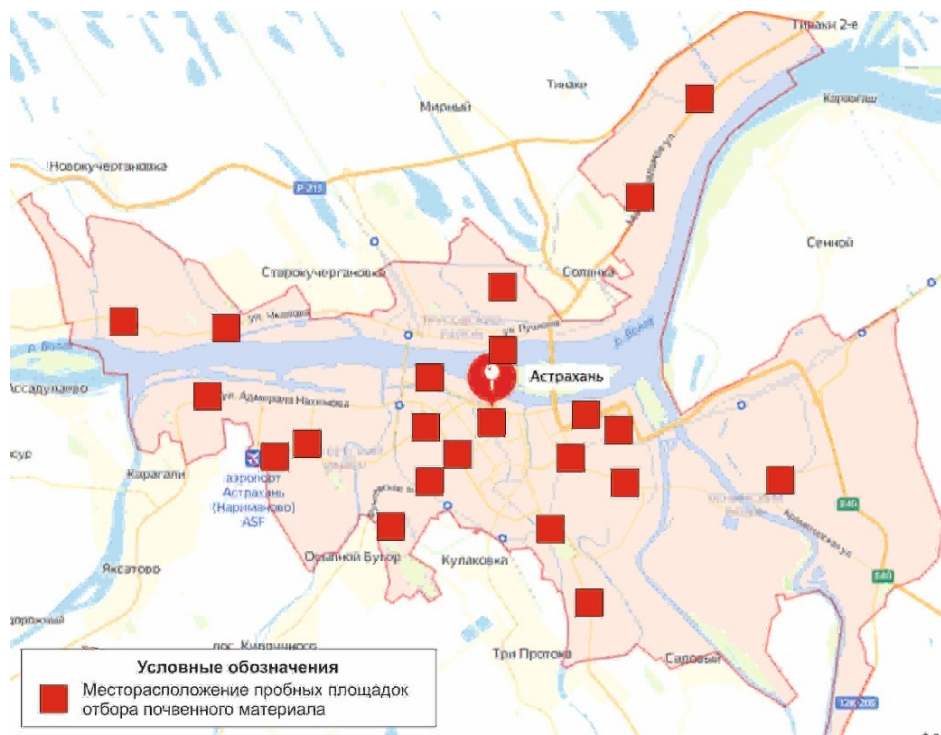


Рисунок – Карта-схема месторасположения пробных площадок отбора образцов почвы на территории г. Астрахани

Химический анализ содержания меди в почвенных образцах проходил с применением атомно-эмиссионного спектрометра «Prodigy Plus». Данный атомно-эмиссионный спектрометр применяется для анализа химических соединений, определения их состава, представляя собой высокоточное техническое устройство, которое обладает высокой чувствительностью и точностью измерений, а также широким диапазоном длин волн.

В ходе проведенного химического анализа почвенных образцов было определено валовое содержание меди и установлены почвенные пробы с максимальными и минимальными значениями. Полученные сведения проведенного анализа почвенного материала легли в основу составления таблицы результатов содержания меди в почве контрольных пробных площадок (табл. 1–2).

Таблица 1 – Валовое содержание меди в почве г. Астрахани

№ пробной площадки	Местоположение отбора пробы почвы	Административный район г. Астрахани	Валовое содержание Cu, мг/кг
1	ул. Савушкина	Ленинский	42,7
2	ул. Яблочкова	Ленинский	29,2
3	ул. С. Перовская	Кировский	103,8
4	ул. Н. Островского	Советский	33,6
5	ул. Боевая	Советский	45,7
6	ул. Магистральная	Трусовский	14,3
7	ул. Пушкина	Трусовский	20,0
8	ул. Кубанская	Советский	20,5
9	ул. Адмирала Нахимова	Советский	9,3
10	ул. Рождественского	Советский	109,9
11	ул. Чкалова	Трусовский	27,5
12	ул. Вильямса	Трусовский	28,4
13	ул. Тамбовская	Кировский	16,2
14	ул. Сен-Симона	Кировский	37,6
15	ул. Победы	Кировский	27,5
16	ул. Началовское шоссе	Кировский	13,0
17	ул. 1-я Котельная	Советский	19,6
18	ул. Авиаторная	Советский	17,4
19	ул. Аксакова	Ленинский	7,0
20	ул. Красноармейская	Ленинский	14,8
21	ул. Хибинская	Трусовский	15,4
22	в 150 м от ул. Химиков	Трусовский	7,3

Наибольшие показатели содержания меди отмечаются в пробах № 3 и 10. При этом в пробах № 1, 4, 5, 14 отмечается незначительное превышение относительно установленных гигиенических нормативов предельно допустимой концентрации СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [4].

Таблица 2 – Показатели превышения содержания меди в почве г. Астрахани относительно установленных гигиенических нормативов предельно допустимой концентрации

№ пробной площадки	Местоположение отбора пробы почвы	Административный район г. Астрахани	Превышение ПДК валового содержания Cu, %
1	ул. Савушкина	Ленинский	1,29
2	ул. Яблочкова	Ленинский	0,88
3	ул. С. Перовская	Кировский	3,15
4	ул. Н. Островского	Советский	1,02
5	ул. Боевая	Советский	1,38
6	ул. Магистральная	Трусовский	0,43
7	ул. Пушкина	Трусовский	0,61
8	ул. Кубанская	Советский	0,62
9	ул. Адмирала Нахимова	Советский	0,28
10	ул. Рождественского	Советский	3,33
11	ул. Чкалова	Трусовский	0,83
12	ул. Вильямса	Трусовский	0,86
13	ул. Тамбовская	Кировский	0,49
14	ул. Сен-Симона	Кировский	1,14
15	ул. Победы	Кировский	0,83
16	ул. Началовское шоссе	Кировский	0,39
17	ул. 1-я Котельная	Советский	0,59
18	ул. Авиаторная	Советский	0,52
19	ул. Аксакова	Ленинский	0,21
20	ул. Красноармейская	Ленинский	0,45
21	ул. Хибинская	Трусовский	0,46
22	в 150 м от ул. Химиков	Трусовский	0,22

Проба № 10 с наибольшей концентрацией меди 109,9 мг/кг была взята с пробной площадки расположенной на улице Рождественского (вблизи объекта, расположенного по адресу ул. Рождественского, д. 2Б). Проба № 3 с концентрацией меди 103,8 мг/кг была взята с пробной площадки, расположенной на улице С. Перовской (вблизи объекта, расположенного по адресу: ул. С. Перовская, д. 101, к. 11). В пробах № 10 и 3 отмечается трехкратное превышение предельно допустимой концентрации меди в почве.

В пробах № 19 и 22 отмечается наименьшая концентрация меди в почве. В пробе № 19 концентрация меди в почве составляет 7,0 мг/кг, а в пробе № 22 концентрация меди составила 7,3 мг/кг.

В ходе проведенного исследования было выявлено два района, на территории которых были расположены пробные площадки, образцы почвы с которых показали высокие показатели концентрации меди: Советский район (проба № 10 – 109,9 мг/кг, 3,3 ПДК) и Кировский район (проба № 3 – 103,8 мг/кг, 3,15 ПДК).

Пробная площадка № 22 расположена в промышленно-производственной зоне города, в близком расположении к автомобильной дороге. Вблизи также присутствуют объекты технического обслуживания транспортных средств (ремонтные мастерские, автомойки, автозаправочные станции и т. д.) и объекты, деятельность которых связана со складированием, первичной обработкой металлических изделий и отходов металлопроката (пункты приема металлолома).

Особое внимание требует проба под № 3 с высоким показателем содержания меди 103,8 мг/кг, показатель превышения предельно допустимой концентрации составляет 3,15 ПДК. Пробная площадка расположена на территории Кировского района в жилой зоне, вблизи многоэтажных жилых домов и объектов социального назначения (стоматологическая больница). Можно предположить то, что высокий показатель содержания меди в почве связан с близким расположением автомобильной дороги с повышенным потоком транспортных средств, наличием регулируемого перекрестка со слабой пропускной способностью в определенные временные периоды, наличием несанкционированной автостоянки транспортных средств и содержанием в почве пробной площадки строительного мусора.

Пробные площадки, на которых брались пробы с наименьшим содержанием меди № 19 (0,21 мг/кг) и № 22 (0,22 мг/кг), расположены в жилой зоне города. Низкий показатель содержания меди в почве можно объяснить отсутствием близкорасположенных источников загрязнения (удаленность пробных площадок от крупных автомобильных дорог, отсутствие объектов промышленности, транспортной инфраструктуры, складирования отходов и т. д.).

Площадка, на которой бралась проба № 22, расположена в зоне слабо трансформированных почв г. Астрахани, с низким уровнем антропогенного воздействия.

Наиболее высокие показатели содержания меди в почве и частое превышение ПДК встречается на территории Советского района г. Астрахани (пробы № 4, 5, 10). На территории Трусовского района г. Астрахани превышений предельно допустимой концентрации меди не обнаружено.

К основным источникам поступления меди в почву на территории г. Астрахани относятся: транспорт и объекты функционирования транспортной инфраструктуры, объекты промышленно-производственного комплекса, объекты обработки металлопроката и площадки складирования отходов металлического происхождения, строительный мусор и т. д.

Список литературы

1. Васильев А. Ю. Исследование особенностей современного воздействия антропогенной деятельности на почву г. Камызяк // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 113–4. С. 95–98.
2. Васильев А. Ю. Некоторые особенности процесса химического загрязнения почвы города Астрахани // Приоритетные направления развития науки, техники и технологий: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Кемерово, 14 декабря 2023 года. Кемерово: ООО Западно-Сибирский научный центр, 2023. С. 10–12.
3. Васильев А. Ю. Особенности исследования почв города Астрахани подверженных химическому изменению // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 109–15. С. 132–134. DOI: 10.18411/tmio-05-2024-804.
4. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: https://ds278-krasnoyarsk-r04.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/19/8/SP123685_21_0.pdf (дата обращения: 12.01.2025).
5. ГОСТ 17.4.1.02–83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.
6. Клячкова И. В. Изучение процесса воздействия антропогенных факторов на почвенный покров городских территорий // Международное сотрудничество: опыт, проблемы и перспективы: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Кемерово, 30 сентября 2020 года. Кемерово: ООО Западно-Сибирский научный центр, 2020. С. 36–38.
7. Максимов Д. Н. Исследование современного антропогенного воздействия на почвенный покров // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 113–4. С. 101–103. DOI: 10.18411/tmio-09-2024-151.
8. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293824/4293824289.html> (дата обращения: 12.01.2025).
9. Мулдагалиева М. К. Изучение особенностей воздействия на почвенный покров Астраханской области процесса загрязнения промышленно-бытовыми отходами // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 109–15. С. 147–150. DOI: 10.18411/tmio-05-2024-809. EDN VTMPMI.
10. Синцов А. В., Бармин А. Н., Синцова Н. В. Антропогенная трансформация почвенного покрова урбанизированных территорий Нижнего Поволжья // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 158–165. DOI: 10.54398/20776322_2023_2_158.
11. Синцов А. В., Синцова Н. В. Исследование процесса загрязнения почвы города Астрахани хромом // Куражковские чтения: материалы III Международной научно-практической конференции, Астрахань, 16–17 мая 2024 года. Астрахань: Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, 2024. С. 204–207.
12. Синцов А. В., Синцова Н. В. Особенности изучения процесса загрязнения городской почвы свинцом на примере города Астрахани // Куражковские чтения: материалы II Международной научно-практической конференции, Астрахань, 18–21 мая 2023 года / составитель А. Н. Бармин. Астрахань: Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, 2023. С. 405–408.
13. Фильберт Д. И. Анализ суммарных показателей загрязнения почвы города Астрахани // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 109–15. С. 188–190.
14. Фильберт Д. И. Особенности воздействия современного процесса загрязнения на окружающую среду Астраханской области // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 113–4. С. 123–125. DOI: 10.18411/tmio-09-2024-156.
15. Черемичинова А. Э., Черкашин Р. В. Воздействие антропогенного процесса на почву урбанизированных // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего: сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, Кемерово, 28 ноября 2018 года. Кемерово: ООО Западно-Сибирский научный центр, 2018. Т. 2. С. 52–55.
16. Черкашин Р. В. Химически трансформированные почвы г. Астрахани: современное развитие и территориальное распространение // Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы: материалы Международной научно-практической конференции / составители Н. С. Шуваев, Е. А. Колчин. 2019. С. 108–110.

References

1. Vasiliev A. Yu. Study of the features of the modern impact of anthropogenic activity on the soil of the city of Kamyzyak. *Trends in the development of science and education*. 2024 ;113–4:95–98 (In Russ.).
2. Vasiliev A. Yu. Some Features of the Process of Chemical Pollution of Soil in the City of Astrakhan. *Priority Areas of Development of Science, Engineering and Technology: collection of Materials of the International Scientific and Practical Conference, Kemerovo, December 14, 2023*. Kemerovo: LLC West Siberian Research Center; 2023:10–12 (In Russ.).
3. Vasiliev A. Yu. Features of the study of soils of the city of Astrakhan subject to chemical changes. *Trends in the development of science and education*. 2024;109–15:132–134. DOI: 10.18411/trnio-05-2024-804 (In Russ.).
4. *Hygienic Standards and Requirements for Ensuring the Safety and (or) Harmlessness of Environmental Factors for Humans*. URL: https://ds278-krasnoyarsk-r04.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/19/8/SP123685_21.pdf (accessed 12.01.2025) (In Russ.).
5. *GOST 17.4.1.02–83. Nature conservation. Soils. Classification of chemicals for pollution control* (In Russ.).
6. Klachkova I. V. Study of the process of anthropogenic factors impact on the soil cover of urban areas. *International cooperation: experience, problems and prospects: collection of materials of the International scientific and practical conference, Kemerovo, September 30, 2020*. Kemerovo: LLC West Siberian Scientific Center; 2020:36–38 (In Russ.).
7. Maksimov D. N. Study of modern anthropogenic impact on soil cover. *Trends in the development of science and education*. 2024;113–4:101–103. DOI: 10.18411/trnio-09-2024-151 (In Russ.).
8. *Methodology for measuring the mass fraction of elements in soil, ground and bottom sediment samples by atomic emission and atomic absorption spectrometry*. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293824/4293824289.htm> (accessed 12.01.2025) (In Russ.).
9. Muldagalieva M.K. Study of the features of the impact on the soil cover of the Astrakhan region of the process of pollution by industrial and domestic waste. *Trends in the development of science and education*. 2024;109–15:147–150. DOI: 10.18411/trnio-05-2024-809. EDN VTMPMI (In Russ.).
10. Sintsov A. V., Barmin A. N., Sintsova N. V. Anthropogenic transformation of the soil cover of urbanized territories of the Lower Volga region. *Geology, geography and global energy*. 2023;2(89):158–165. DOI: 10.54398/20776322_2023_2_158 (In Russ.).
11. Sintsov A. V., Sintsova N. V. Study of the process of soil contamination of the city of Astrakhan with chromium. *Kurazhsk readings: proceedings of the III International scientific and practical conference, Astrakhan, May 16–17, 2024*. Astrakhan: Astrakhan Tatishchev State University; 2024:204–207 (In Russ.).
12. Sintsov A. V., Sintsova N. V. Features of the study of the process of contamination of urban soil with lead on the example of the city of Astrakhan. *Kurazhsk readings: proceedings of the II International scientific and practical conference, Astrakhan, May 18–21, 2023*. Compiled by A. N. Barmin. Astrakhan: Astrakhan Tatishchev State University; 2023:405–408 (In Russ.).
13. Filbert D. I. Analysis of total indicators of soil pollution in the city of Astrakhan. *Trends in the development of science and education*. 2024;109–15:188–190 (In Russ.).
14. Filbert D. I. Features of the impact of the modern pollution process on the environment of the Astrakhan region. *Trends in the development of science and education*. 2024;113–4:123–125. DOI: 10.18411/trnio-09-2024-156 (In Russ.).
15. Cheremitsynova A. E., Cherkashin R. V. Impact of anthropogenic process on the soil of urbanized areas. *Scientific and technical progress: current and promising directions of the future: collection of materials of the IX International scientific and practical conference, Kemerovo, November 28, 2018*. Kemerovo: LLC West Siberian Scientific Center, 2018;2:52–55 (In Russ.).
16. Cherkashin R. V. Chemically transformed soils of Astrakhan: modern development and territorial distribution. *Natural Sciences: Current Issues and Social Challenges: proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Authors N.S. Shuvaev, E.A. Kolchin*; 2019:108–110 (In Russ.).

Информация об авторах

Синцов А. В. – кандидат географических наук, доцент;
Бармин А. Н. – доктор географических наук, профессор;
Васильев А. Ю. – магистрант;
Синцова Н. В. – магистрант.

Information about the authors

Sintsov A. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Barmin A. N. – Doctor of Sciences (Geographical), Professor;
Vasiliev A. Yu. – master's student;
Sintsova N. V. – master's student.

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 19.11.2024; одобрена после рецензирования 04.12.2024; принята к публикации 23.12.2024.

The article was submitted 19.11.2024; approved after reviewing 04.12.2024; accepted for publication 23.12.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 60–67.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):60–67 (In Russ.).

Научная статья
УДК 528.88+004.932
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.009>

**СОЗДАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
КРОНОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА
МЕТОДАМИ КОНТРОЛИРУЕМОЙ КЛАССИФИКАЦИИ
ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ И БИОКЛИМАТИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

Тарасов Артем Алексеевич
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
artrar.90@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-6922-7166>

Аннотация. В современных исследованиях в связи с увеличением количества и качества данных дистанционного зондирования Земли приобретает все большую актуальность их использование при мониторинге и исследовании труднодоступных и удаленных территорий. Стремительное развитие методов машинного обучения в ГИС, расширяющее возможности в сегментации, кластеризации, классификации и распознавании объектов, также упростило работу с этими районами. Так, появилось большое число способов создания картографических моделей растительности достаточно высокой точности, располагая лишь весьма ограниченными данными полевых исследований, общедоступными данными дистанционного зондирования достаточного грубого пространственного и малого временного разрешений, а также относительно простым ПО. В настоящей статье предпринята попытка получить такие модели на территорию Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника методами контролируемой классификации. Так, опираясь на предварительно обработанный набор данных, состоящий из космических снимков Landsat 8, а также биоклиматических данных WorldClim, и обучающую выборку в 2 487 точек с известными типами растительности, формациями и ассоциациями, предоставленную Ботаническим институтом им. В.Л. Комарова РАН, были созданы две картографические модели растительности (которая была разделена на 7 классов – леса, луга, болота, пионерная растительность, кустарники, стланики и тундра) методами максимального правдоподобия и к ближайших соседей. Кроме того, на обучающем наборе полевых данных была проверена точность классификации при использовании упомянутых методов, а также методов к взвешенных ближайших соседей и парзеновских окон. Метод максимального правдоподобия показал результат в 35,5 % верно проклассифицированных исходных полевых данных, методы к ближайших соседей и парзеновских окон – в 55 %, метод к взвешенных ближайших соседей – в 60%.

Ключевые слова: картографическая модель, растительность, данные дистанционного зондирования земли (ДДЗ), геоинформационные системы (ГИС), Landsat, WorldClim, пиксель, машинное обучение, контролируемая классификация, Кроноцкий заповедник

Для цитирования: Тарасов А. А. Создание картографических моделей растительности Кроноцкого государственного заповедника методами контролируемой классификации по космическим снимкам и биоклиматическим данным // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 60–67. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.009>.

**CREATION OF CARTOGRAPHIC MODELS OF VEGETATION FOR THE KRONOTSKY
STATE NATURE RESERVE USING SUPERVISED CLASSIFICATION METHODS
BASED ON SATELLITE IMAGERY AND BIOCLIMATIC DATA**

Artem A. Tarasov
Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia
artrar.90@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-6922-7166>

Abstract. In modern research, the increasing quantity and quality of Earth remote sensing data has made their use for monitoring and studying remote and hard-to-access areas increasingly relevant. The rapid development of machine learning methods in GIS, which expands capabilities in segmentation, clustering, classification, and object detection, has also simplified work with these regions. As a result, numerous methods have emerged for creating vegetation cartographic models with relatively high accuracy, relying on limited field research data, publicly available remote sensing data with coarse spatial and low temporal resolutions, and relatively simple software. This article attempts to produce such models for the territory of the Kronotsky State Nature Biosphere Reserve using supervised classification methods. By utilizing a preprocessed dataset consisting of Landsat 8 satellite imagery and WorldClim bioclimatic data, along with a training sample of 2 487 points with known vegetation types, formations, and associations provided by the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, two vegetation cartographic models were created. The vegetation was divided into seven classes: forests, meadows, wetlands, pioneer vegetation, shrubs, dwarf pine, and tundra. The models were generated using the Maximum Likelihood and

k-Nearest Neighbors methods. Additionally, the accuracy of classification was tested on the training dataset using the mentioned methods, as well as the k-Weighted Nearest Neighbors and Parzen Window methods. The Maximum Likelihood method achieved 35.5 % accuracy in correctly classifying the original field data, while the k-Nearest Neighbors and Parzen Window methods achieved 55 % accuracy, and the k-Weighted Nearest Neighbors method achieved 60 % accuracy.

Keywords: cartographic model, vegetation, Earth remote sensing data (ERSD), geographic information systems (GIS), Landsat, WorldClim, pixel, machine learning, supervised classification, Kronotsky Nature Reserve

For citation: Tarasov A. A. Creation of cartographic models of vegetation for the Kronotsky state nature reserve using supervised classification methods based on satellite imagery and bioclimatic data. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):60–67. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.009> (In Russ.).

Введение

Данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) сегодня находят применение в большом количестве сфер: картографии, геодезии, сельском хозяйстве, мониторинге поверхности земли и океана, а также слоев атмосферы. ДДЗЗ в настоящий момент часто привлекаются при составлении карт растительности, иногда представляя собой один из ключевых источников информации о территории. Особенно это касается труднодоступной местности, такой как территория Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника.

Выделение различных типов растительности при картографировании территории возможно методами неконтролируемой и контролируемой классификации [3]. Неконтролируемая классификация используется, как правило, на первых этапах исследований и может определить растительность района лишь приблизительно, не выявляя предполагаемых соответствий между дифференцируемым классом и типом растительности, а также выстраивая отличия между первыми в произвольном порядке. Поэтому при наличии достаточного количества полевых данных и данных дистанционного зондирования уместнее пользоваться методами контролируемой классификации, которые позволяют сконструировать модели, отвечающие различным требованиям, предъявляемым к выделению разных типов растительности. Максимальная эффективность описываемых методов достигается при наличии большого числа значительно различающихся признаков, таких как среднегодовая температура, сезонность осадков (коэффициент вариации) и некоторых других.

Таким образом, район Кроноцкого заповедника, находясь в умеренном поясе в примыкающей к океану расчлененной горной местности, хорошо подходит для задач картографирования растительности с использованием биоклиматических данных. А данные наземных описаний растительности, предоставленные Ботаническим институтом им. В.Л. Комарова РАН, позволяют применять методы контролируемой классификации для создания картографических моделей в этой местности.

Район исследования. Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник располагается на юго-востоке Камчатки и занимает площадь 1 147 619,37 га, из которых 1 012 619,37 га приходится на сухопутную территорию и 135 000 га – на морскую акваторию. В целом, его можно назвать горно-лесным. Вся территория заповедника, за исключением прибрежной части (которая является частью восточно-камчатской лесостепной тундрово-болотной приморской области), относится к восточной гольцово-тундрово-кустарниковой горно-вулканической области, близкой по облику к берингийской лесотундре [2].

Заповедник расположен в двух климатических подобластях: восточной приморской и восточной горно-вулканической. Климат первой, более полно изученный, относится к влажному, морскому. Для него характерны мягкая зима, а также сравнительно теплое лето. Годовая амплитуда температуры воздуха равна 20–25 °С, средняя годовая температура – 1–2 °С. Температура самого холодного месяца (января) составляет 8–9 °С, самого теплого месяца (августа) – +12, +13 °С. Сумма осадков, распределенных равномерно по холодному и теплому периодам, оценивается в 1 000–1 500 мм [2, 10].

Климат горно-вулканического района также определяется циркуляционными процессами над Беринговым морем, характеризуясь пасмурной, дождливой и ветреной погодой [2]. На западных склонах горно-вулканической области выпадает ок. 400 мм, на восточных – ок. 1 500 мм осадков в год. Их обилие, а также низкие температуры (средняя температура января – –12 °С, июля – +10–11 °С) способствуют современному горному оледенению. На восточных склонах хребтов ледники спускаются до 600–700 м, на западных – до 300–400 м. На последних из них, а также на вулканических плато климат более континентальный. Зима здесь на 5–10 °С холоднее, чем на восточных склонах [7].

Растительность района юго-восточного побережья отличается широким распространением травяно-сфагново-гипновых (аапа) болот на аккумулятивных равнинах и в устьях крупных рек, кустарниковых сообществ (вороничников) на дренированных участках приморских равнин,

приморских лугов на аккумулятивных приморских террасах. Для нормально дренированных местообитаний характерны кустарниково-разнотравные, вейниковые и папоротниковые каменно-березняки. На склонах приморских холмов и увалов типичны сообщества ольхового и кедрового стлаников. Скалистая территория округа в районе Кроноцкого полуострова характеризуется сниженной высотной поясностью растительности [8].

Растительность горно-вулканического региона бедна и однообразна. Пеплы, шлаки и лавы, почти лишенные сомкнутой растительности, покрывают значительные площади. Для высот 900–1 200 м характерны кустарничковые и лишайниково-кустарничковые тундры, ниже, на высотах 600–900 м, распространены заросли ольхового и кедрового стлаников. Пояс каменно-березовых лесов, представляющий собой кустарниково-разнотравные, вейниковые и папоротниковые каменно-березняки, занимает высоты 200–600 м [8].

Материалы и методы

В качестве исходных данных были взяты 2 487 пункта с известными типами растительности, формациями и ассоциациями, предоставленные Ботаническим институтом им. В.Л. Комарова РАН. В качестве исходных растров были использованы 1, 2, 3, 4, 5 и 7 каналы космических снимков Landsat 8 от 8 и 24 июля 2016 г., а также снимка от 17 июля 2019 г. (рис. 1).

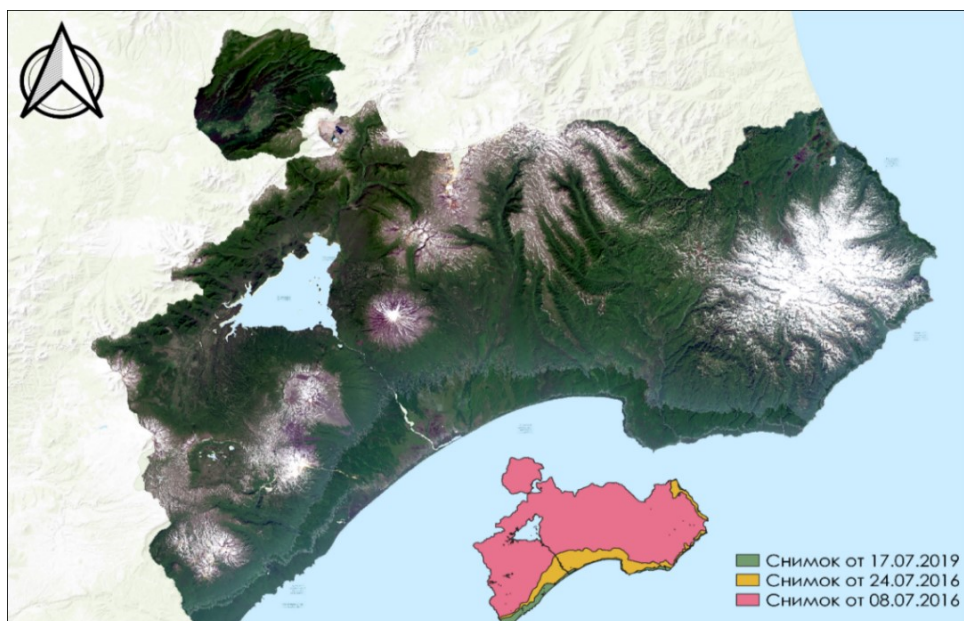


Рисунок 1 – Мозаика снимков Landsat, которые брались для исследования

Кроме того, с сайта [12] были взяты растры, отражающие биоклиматические данные, а именно: среднегодовую температуру, максимальную температуру самого теплого месяца, минимальную температуру самого холодного месяца, среднюю температуру самого сухого квартала, среднюю температуру самого теплого квартала, среднюю температуру самого холодного квартала, сезонность осадков (коэффициент вариации), осадки в наиболее влажном квартале, а также осадки в наиболее засушливом квартале. Этот набор данных представляется наиболее подходящим для определения заранее заданных классов (так как именно эти данные имеют максимально отличающиеся средние значения с учетом стандартного отклонения), а именно: лесов, лугов, болот, пионерной растительности, кустарников, стлаников и тундр. Иные возможные данные не учитывались, чтобы не создавать лишние шумы.

Непосредственно перед выполнением классификации исходные растры были приведены к единому размеру пиксела (30x30 м), а также стандартизированы по формуле:

$$x_i' = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x},$$

где $\bar{x}$ – среднее значение всех пикселей растра;

σ_x – их стандартное отклонение;

x_i' – новое стандартизированное значение пикселя.

Стандартизация была проведена в калькуляторе растра в ArcMap с помощью оператора условия:

$$\text{Con} \left(\text{raster.tif}, \frac{\text{raster.tif} - \overline{\text{raster.tif}}}{\sigma_{\text{raster.tif}}}, \text{raster.tif} \right),$$

где $\overline{\text{raster.tif}}$ – среднее значение пикселей раstra;

$\sigma_{\text{raster.tif}}$ – их стандартное отклонение.

Последним шагом было сокращение размерности исходного массива данных с помощью метода главных компонент с использованием одноименного инструмента в ArcMap. Как итог, набор из 16 исходных характеристик был сокращен до 6; при этом была сохранена вся дисперсия исходных данных (сокращение набора данных до 3 переменных сохраняет 85 % дисперсии).

Классификация растительности по заданным и вышеописанным классам была выполнена с помощью методов максимального правдоподобия и k-ближайших соседей (kNN).

В рамках методов машинного обучения, к которым относятся данные методы, исходный набор данных при обучении разделяют на тренировочный и тестовый. Первый используется для разработки модели, второй применяется для тестирования. Разделение данных на обучающие и тестовые подмножества позволяет проверить, насколько хорошо модель, обученная на одних данных, может проводить классификации на новых.

1. *Метод максимального правдоподобия* состоит в том, что в качестве «наиболее правдоподобного» значения параметра берут значение θ , максимизирующее вероятность получить при n опытах данную выборку $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$. Это значение параметра θ зависит от выборки и является искомой оценкой [5]. Иными словами, имея выборку $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$, мы стремимся получить такое значение θ , при которой функция правдоподобия $L(\theta)$ будет максимальна.

Классификация исходного раstra по методу максимального правдоподобия проводилась с помощью инструмента «классификация по методу максимального подобия» в ArcMap. [4].

2. *Метод k ближайших соседей (kNN)* решает задачу классификации объекта, относя его к классу, к которому принадлежит большинство его k ближайших соседей. Иными словами, чтобы определить класс упомянутого объекта, необходимо сначала вычислить расстояние от классифицируемого объекта до каждого объекта из обучающей выборки. Затем необходимо отобрать k объектов обучающей выборки, расстояние до которых минимально. Классом классифицируемого объекта будет класс, наиболее часто встречающийся среди k ближайших соседей [11].

Расстояния между объектами определяют, как правило, с помощью евклидовой метрики, но иногда прибегают к помощи метрики Минковского, расстояния городских кварталов (манхэттенского расстояния) и некоторым другим метрикам [13].

Выбор параметра k противоречив. С одной стороны, высокие его значения хотя и повышают достоверность классификации, но при этом несколько размывают границы между классами. Низкие значения k , например 1 или 2, могут привести к недообученности модели.

Классификация входного раstra по методу k-ближайших соседей проводилась в ArcGIS Pro v 3.0 при помощи Мастера классификации. Она выполнялась на основе пиксела, без предварительной сегментации изображения. Количество k-ближайших соседей было выбрано 13, дающее наибольшую точность при обучении. Данное число примеров представляется, с одной стороны, не слишком большим относительно выборки, с другой – не слишком малым и охватывает достаточное число соседей, чтобы можно было судить о классе объекта.

Кроме того, стоит сказать про другие два метода, использовавшихся в данной работе – метод k-взвешенных ближайших соседей и метод парзеновского окна. Первый при классификации учитывает не только количество ближайших соседей, но и расстояние от каждого из них до определяемого объекта. То есть вводится «взвешивание» ближайших соседей в зависимости от их удаленности [11].

Метод парзеновского окна предполагает вычисление класса объекта путем задания определенной достаточно малой области D , которая, с одной стороны, достаточно широка и в которую попадает достаточно много точек, с другой – достаточно узка, чтобы значение их плотности в ней можно было считать константой [1]. Метод парзеновского окна отличается от предыдущего тем, что в рамках алгоритма не фиксируется число соседей, а каждому объекту присваивается вес не в зависимости от функции расстояния, а в зависимости от функции ядра, или окна Парзена – произвольной четной функции, невозрастающей на $[0, +\infty)$. На практике применяются гауссово, квадратичное, Епанечникова и некоторые другие ядра [11].

Выбор ширины окна в данном методе представляет наибольшую сложность. Она сильно влияет на качество восстановления плотности и, как следствие, классификации. С одной стороны, при слишком малом окне мы рискуем переобучить модель. С другой, при слишком большом окне мы рискуем столкнуться с противоположной проблемой, упустив некоторые детали. Кроме того, когда распределение объектов (по классам) в пространстве крайне неравномерно и хаотично, одно и то же значение ширины окна h приводит к недостаточному сглаживанию плотности в скоплениях точек и чрезмерному сглаживанию на разреженных участках. Проблему решают окна переменной ширины [14].

Результаты и обсуждение

Итогом работы стали 2 картографические модели растительности, составленные с использованием методов максимального правдоподобия (рис. 2) и k-ближайших соседей (рис. 3).

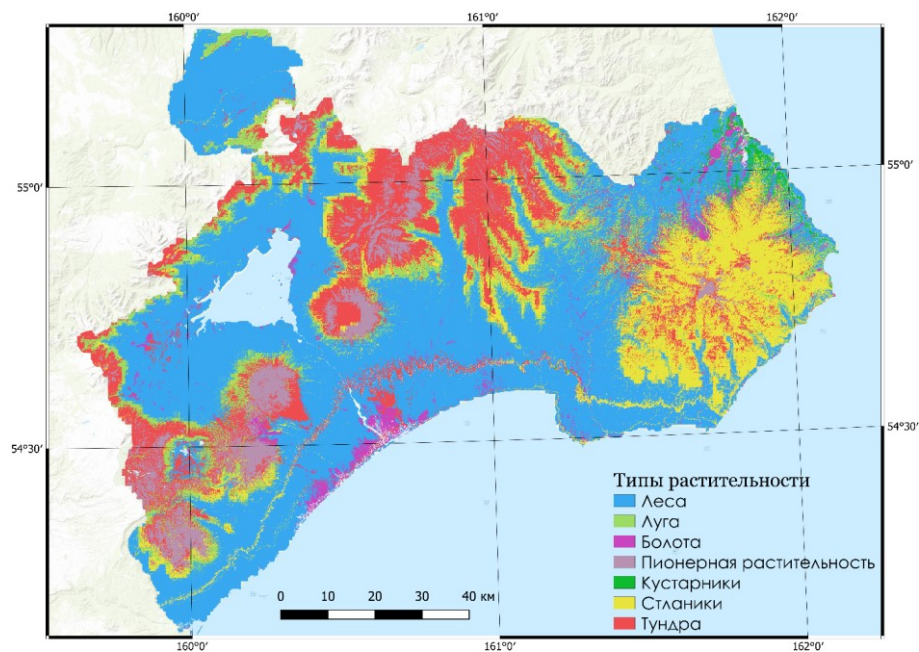


Рисунок 2 – Картографическая модель, составленная с помощью метода максимального правдоподобия

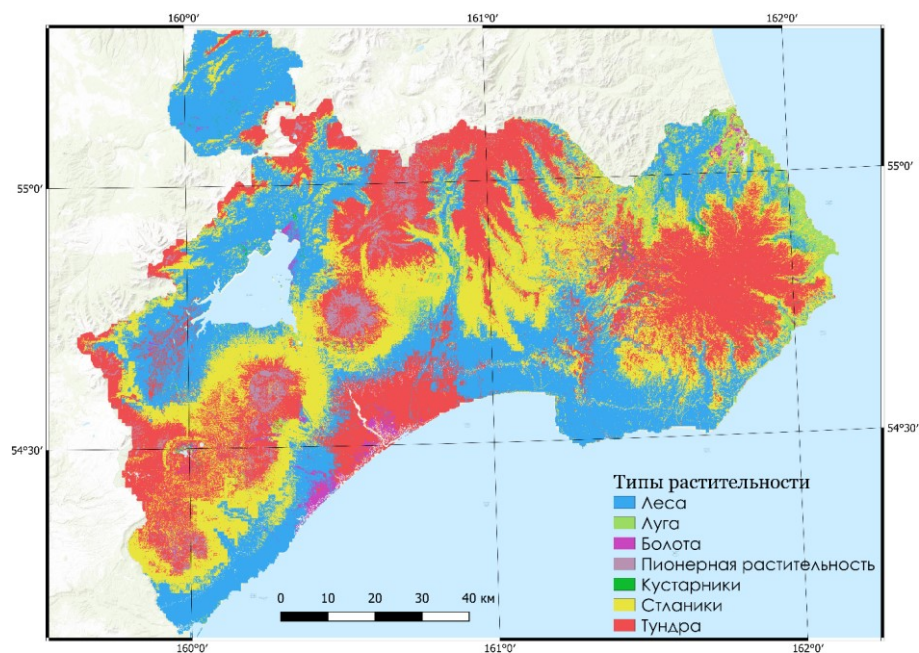


Рисунок 3 – Картографическая модель, составленная с помощью метода k-ближайших соседей

Точность первой можно оценить в 35,5 % по количеству верно определенных пунктов с известными классами; только в 842 из 2487 пунктов растительность была определена корректно. Точность второй модели можно приблизительно оценить в 55 % по тестовой выборке (рис. 4).

```
#75 / 25 train test split
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X_zones, y_zones, random_state=0)

scaler = MinMaxScaler()
X_train_scaled = scaler.fit_transform(X_train)
# we must apply the scaling to the test set that we computed for the training set
X_test_scaled = scaler.transform(X_test)

knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors = 13, weights = 'uniform', algorithm='auto', leaf_size=30, p=2, metric='euclidean')
knn.fit(X_train_scaled, y_train) #fitting the KNN

...

#Checking performance on the training set
print('Accuracy of K-NN classifier on training set: {:.3f}'
      .format(knn.score(X_train_scaled, y_train)))
#Checking performance on the test set
print('Accuracy of K-NN classifier on test set: {:.3f}'
      .format(knn.score(X_test_scaled, y_test)))

Accuracy of K-NN classifier on training set: 0.601
Accuracy of K-NN classifier on test set: 0.547
```

Рисунок 4 – Фрагмент кода, определяющий точность классификации тестовой выборки методом k-ближайших соседей, выполненный на языке программирования Python

Применение метода k-взвешенных ближайших соседей улучшает точность модели до района 60 % (рис. 5).

```
#75 / 25 train test split
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X_zones, y_zones, random_state=0)

scaler = MinMaxScaler()
X_train_scaled = scaler.fit_transform(X_train)
# we must apply the scaling to the test set that we computed for the training set
X_test_scaled = scaler.transform(X_test)

knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors = 13, weights = 'distance', algorithm='auto', leaf_size=30, p=2, metric='euclidean')
knn.fit(X_train_scaled, y_train) #fitting the KNN

...

#Checking performance on the training set
print('Accuracy of K-NN classifier on training set: {:.3f}'
      .format(knn.score(X_train_scaled, y_train)))
#Checking performance on the test set
print('Accuracy of K-NN classifier on test set: {:.3f}'
      .format(knn.score(X_test_scaled, y_test)))

Accuracy of K-NN classifier on training set: 0.994
Accuracy of K-NN classifier on test set: 0.582
```

Рисунок 5 – Фрагмент кода, определяющий точность классификации тестовой выборки методом k-взвешенных ближайших соседей, выполненный на языке программирования Python

Использование метода парзеневских окон также дает точность около 55 % (рис. 6).

В целом можно сказать, что последние три метода, в отличие от первого, лучше дифференцируют классы, имеющие схожие спектральные и биоклиматические характеристики, такие как леса, кустарники и стланики, а также болота и луга. Так, характерная для юго-запада Кроноцкого заповедника широкая распространенность стланиковой растительности почти не отражена на картографической модели, составленной с помощью метода максимального правдоподобия [6, 9, 10].

Заключение

Таким образом, картографическая модель, сделанная с использованием метода максимального правдоподобия, показала едва ли удовлетворительную точность и слабое сходство с опубликованными для района картами растительности [6, 9, 10]. Модель, составленная при помощи метода k-ближайших соседей, гораздо лучше отражает заданные в исследовании классы. Это связано с отличающимся от нормального распределением данных для некоторых из них (в первую очередь болот), а также со схожестью средних значений и стандартных отклонений для некоторых классов.

Создать картографические модели растительности большей точности возможно несколькими путями:

1. Использовать иные методы автоматического анализа данных, такие как, например, деревья решений с заранее определенными значениями для набора данных для каждого класса. При использовании метода деревьев решений возможно разработать (выделить в случае использования метода случайного леса) критерии отнесения растительности к тому или иному классу. Метод опорных векторов также может дать лучший результат, разделив исходный набор данных с помощью однозначно заданных гиперплоскостей. Но при данном способе классификации могут возникнуть некоторые сложности с выбором окна погрешностей C.

```
def my_Parzen(X_train, y_train, X_test, y_test, X_zones, y_zones):
    def opt_bayes_parzen(estimators, X_test):
        classes_preds = []
        for estm in range(len(estimators)):
            X_test = np.array(X_test)
            kde = estimators[estm]
            estimation = kde.score_samples(X_test)
            classes_preds.append(estimation)
        classes_preds = np.transpose(classes_preds)
        return np.argmax(classes_preds, axis = 1)

    classes = np.unique(y_zones, return_counts=True)[0]
    estimator_list = []
    priors = []
    acc = []
    y_pred = np.array([])
    y_tests = np.array([])
    for cls in range(len(classes)):
        one_class = X_train[np.array(y_train).reshape(len(y_train)) == classes[cls]]
        kde = KernelDensity(bandwidth=0.5*len(one_class)/len(X_train), algorithm='auto', kernel='gaussian')
        kde.fit(one_class)
        estimator_list.append(kde)
        # print(priors)
        preds = opt_bayes_parzen(estimators=estimator_list, X_test=X_test)
        labels = np.full(len(preds), y_test)
        acc.append(accuracy_score(preds, labels))
    y_pred = np.concatenate((y_pred, preds))
    y_tests = np.concatenate((y_tests, labels))

    print("-----")
    print("||-----||")
    print("|| Test Accuracy Parzen Model :=> %.2f%%" % (accuracy_score(y_tests, y_pred)*100), " ||")
    print("||-----||")
    print("-----")

my_Parzen(X_train, y_train, X_test, y_test, X_zones, y_zones)
```

```
||-----||
|| Test Accuracy Parzen Model :=> 52.73% ||
```

Рисунок 6 – Фрагмент кода, определяющий точность классификации тестовой выборки методом парзеновских окон, выполненный на языке программирования Python [15]

2. Использовать исходные растры большего разрешения (например, данные космических снимков Sentinel вместо Landsat). Это позволит лучше разделить исходные данные по классам, получив для них более различающиеся средние значения и меньшие стандартные отклонения.

3. Актуализировать исходные данные новыми полевыми наблюдениями и прокладкой новых маршрутов. В вулканических зонах часто меняются типы растительности вследствие извержений.

Список литературы

1. Bioclimatic variables // WorldClim. URL: <https://www.worldclim.org/data/bioclim.html> (дата обращения: 04.02.2025).
2. K-Nearest Neighbor (KNN) Algorithm // GeeksforGeeks | A computer science portal for geeks. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/k-nearest-neighbours> (дата обращения: 04.02.2025).
3. Parkinson's Disease (PD) Classification // Kaggle. URL: <https://www.kaggle.com/code/parhamzm/parkinson-s-disease-pd-classification> (дата обращения: 04.02.2025).
4. Ветров Д. П., Кропотов Д. А. Байесовские методы машинного обучения: учебное пособие. Москва, 2007. 132 с.
5. Географическое положение. // Кроноцкий заповедник. URL: <https://kronoki.ru/ru/kamchatka/kronotskiy-zapovednik/159.html> (дата обращения: 04.02.2025).
6. Как работает инструмент Классификация по методу максимального подобию // GIS Software for Mapping and Spatial Analytics | Esri. URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/how-maximum-likelihood-classification-works.htm> (дата обращения: 04.02.2025).
7. Книжников Ю. Ф., Кравцова В. И., Тутубалина О. В. Аэрокосмические методы географических исследований. Москва: Академия, 2004. 336 с.
8. Метод парзеновского окна // MachineLearning.ru. URL: http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title_Метод_парзеновского_окна (дата обращения: 04.02.2025).
9. Методы нахождения оценок: метод максимального правдоподобия // Кафедра теории вероятностей и математической статистики Новосибирского государственного университета. URL: <https://tvims.nsu.ru/chernova/ms/lec/node14.html> (дата обращения: 04.02.2025).
10. Нешатаева В. Ю., Пестеров А. О., Гимельбрант Д. Е., Федосов В. Э. Особенности формирования растительного покрова на лавовых потоках вулкана Крашенинникова (Восточная Камчатка) // Ботанический журнал. 2014. Т. 99, № 3. С. 282–302.

11. Нешатаева В. Ю. Растительность полуострова Камчатка / отв. ред. проф. В. Т. Ярмишко. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2009. 537 с.
12. Нешатаева В. Ю. Растительный покров полуострова Камчатка и его геоботаническое районирование // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2011. № 1. С. 3–22.
13. Пестеров А. О., Нешатаева В. Ю., Гимельбрант Д. Е., Кораблев А. П., Пестерова О. А., Овчаренко М. С., Дулин М. В. Растительный покров кальдеры вулкана Крашенинникова // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. 2013. С. 128–157.
14. Пестеров А. О. Ценоотическое разнообразие и структура растительного покрова Восточного вулканического пояса полуострова Камчатка: дис. ... канд. геогр. наук. Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук, 2017. 275 с.
15. Теория машинного обучения // GitHub. URL: <https://github.com/IHappyPlant/SMPR> (дата обращения: 04.02.2025).

References

1. Bioclimatic variables. *WorldClim*. URL: <https://www.worldclim.org/data/bioclim.html> (accessed: 04.02.2025).
2. K-Nearest Neighbor (KNN) Algorithm. *GeeksforGeeks | A computer science portal for geeks*. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/k-nearest-neighbours> (accessed 04.02.2025).
3. Parkinson's Disease (PD) Classification. *Kaggle*. URL: <https://www.kaggle.com/code/parhamzm/parkinson-s-disease-pd-classification> (accessed 04.02.2025).
4. Vetrov D. P., Kropotov D. A. *Bayesian Methods in Machine Learning: textbook*. Moscow, 2007:132 (In Russ.).
5. Geographical Position. *Kronotsky Reserve*. URL: <https://kronoki.org/en/discover-kamchatka/kronotsky-reserve/2515.html> (accessed 04.02.2025) (In Russ.).
6. How Maximum Likelihood Classification works. *GIS Software for Mapping and Spatial Analytics Esri*. URL: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/how-maximum-likelihood-classification-works.htm> (accessed 04.02.2025).
7. Knizhnikov Yu. F., Kravtsova V. I., Tutubalina O. V. *Aerospace methods of geographical research*. Moscow: Akademiya Publ.; 2004:336 (In Russ.).
8. Parzen window method. *MachineLearning.ru*. URL: http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title_Метод_парзеновского_окна (accessed 04.02.2025) (In Russ.).
9. Methods for finding estimates: Maximum Likelihood Estimation. *Department of Probability Theory and Mathematical Statistics, Novosibirsk State University*. URL: <https://tvims.nsu.ru/chernova/ms/lec/node14.html> (accessed 04.02.2025) (In Russ.).
10. Neshataeva V. Yu., Pesterov A. O., Gimelbrant D. E., Fedosov V. E. Peculiarities of plant cover formation on the lava-flows of Krashenninnikov volcano (Eastern Kamchatka). *Botanical Journal*. 2014;99(3):282–302.
11. Neshataeva V. Yu. *Vegetation of Kamchatka peninsula*. Responsible ed. V. T. Jarmishko. Moscow: KMK Scientific Press Ltd.; 2009:537 (In Russ.).
12. Neshataeva V. Yu. The vegetation cover of the Krashenninnikov volcano caldera. *Transactions of the Karelian Research Centre of Russian Academy of Science*. 2011;1:3–22 (In Russ.).
13. Pesterov A. O., Neshataeva V. Yu., Gimelbrant D. E., Korablev A. P., Pesterova O. A., Ovcharenko M. S., Dulin M. V. Vegetation cover of the caldera Krashenninnikova. *Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters*; 2013:128–157 (In Russ.).
14. Pesterov A. O. Cenotic diversity and structure of the vegetation cover in the Eastern volcanic belt of the Kamchatka Peninsula: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Geographical Sciences. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences; 2017:275.(In Russ.).
15. Machine Learning theory. *GitHub*. URL: <https://github.com/IHappyPlant/SMPR> (accessed 04.02.2025) (In Russ.).

Информация об авторе

Тарасов А. А. – магистрант программы «Геоинформационное картографирование» кафедры картографии и геоинформатики Санкт-Петербургского государственного университета.

Information about the author

Tarasov A. A. – a master's student in the «Geoinformation Mapping» program at the Department of Cartography and Geoinformatics of Saint Petersburg State University.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.01.2025; одобрена после рецензирования 29.01.2025; принята к публикации 14.02.2025.

The article was submitted 13.01.2025; approved after reviewing 29.01.2025; accepted for publication 14.02.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 68–72.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):68–72 (In Russ.).

Научная статья
УДК 502.8
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.010>

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РЕСТАВРАЦИИ САДОВО-ПАРКОВЫХ ЛАНДШАФТОВ КАК ОБЪЕКТОВ ПРИРОДНО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Чикин Андрей Юрьевич¹, Луговской Александр Михайлович^{2✉}, Межова Лидия Александровна³

¹Государственный университет просвещения, Москва, Россия

²Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

³Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия

¹chikin95@list.ru

²alug1961@yandex.ru

³lidiya09mezkhova@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы оценки и восстановления садово-парковых ландшафтов объектов природно-культурного наследия. Определены сложности проведения комплексных физико-географических исследований и организации мониторинга за историко-культурными ландшафтами. Определены виды работ по восстановлению садово-парковых ландшафтов по трем направлениям: сохранение, продление их жизнедеятельности наиболее ценных насаждений, восстановление утраченных элементов композиции и ландшафтов парков. Для восстановления ландшафтного облика достопримечательного объекта необходимо создать комплексное документальное и научное обоснование всех положений восстановления и сохранения определенных элементов уникального природного комплекса. Важно детально изучить современное состояние ландшафта и биологические связи, возникшие за длительный период его функционального режима. На основе количественных данных по их изменениям по разработанной шкале дуба и алгоритму для биодиагностики комфортности проведена оценка среды обитания.

Ключевые слова: природно-культурное наследие, экологическая оценка, реставрация, достопримечательности, картографические, письменные, иконографические источники

Для цитирования: Чикин А. Ю., Луговской А. М., Межова Л. А. Методические подходы к оценке реставрации садово-парковых ландшафтов как объектов природно-культурного наследия // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 68–72. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.010>.

METHODICAL APPROACHES TO ASSESSMENT OF RESTORATION OF LANDSCAPE GARDENS AS OBJECTS OF NATURAL AND CULTURAL HERITAGE

Andrei Yu. Chikin¹, Alexander M. Lugovskoy^{2✉}, Lydia A. Mezkhova³

¹State University of Enlightenment, Moscow, Russia

²Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

³Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia

¹chikin95@list.ru

²alug1961@yandex.ru

³lidiya09mezkhova@yandex.ru

Abstract. The article discusses the problems of assessment and restoration of landscape gardening and natural and cultural heritage sites. The difficulties of conducting complex physical and geographical research and organization of monitoring of historical and cultural landscapes are determined. The types of work on the restoration of landscape gardening are determined in three directions: preservation and prolongation of their vital activity of the most valuable plantings, restoration of the lost elements of the composition and landscapes of parks. To restore the landscape appearance of a landmark, it is necessary to create a comprehensive documentary and scientific justification for all the provisions of restoration and preservation of certain elements of a unique natural complex. It is important to study in detail the current state of the landscape and the biological relationships that have emerged over a long period of its functional regime. Based on quantitative data on their changes according to the developed oak scale and the algorithm for biondiagnosis.

Keywords: natural and cultural heritage, ecological assessment, restoration, sights, cartographic, written, iconographic sources

For citation: Chikin A. Yu., Lugovskoy A. M., Mezkhova L. A. Methodical approaches to assessment of restoration of landscape gardens as objects of natural and cultural heritage. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):68–72. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.010> (In Russ.).

Под природно-культурным наследием понимают естественные, искусственные и культурные ландшафты достопримечательных мест, дошедшие до наших дней и представляющие историко-культурную ценность [4], уникальные историко-культурные территории, обладающие особой ценностью для мира, страны, региона, где множество памятников истории и культуры и природы, которые составляют единый комплекс и тесно связаны с живой культурой народа [11], духовный, культурный, экономический, социальный капитал, обладающий невозместимой ценностью, неотъемлемая часть мира человеческих ценностей, связанная с историей развития природы и культуры [12]. Природно-культурное наследие наряду с сохранением ценных культурных ландшафтов постоянно поддерживает и восстанавливает природное окружение за определенные исторические периоды. Объекты природно-культурного наследия сохраняются и поддерживаются в историческом виде [1].

Окружающий ландшафт должен воспроизводить реальную историческую обстановку [2]. В этой связи необходимо опираться на картографические, письменные и иконографические источники. К *картографическим* источникам относятся планы усадьбы, показывающие ее планировку в определенные исторические периоды. В большинстве случаев планы для многих усадеб не составлялись, в основном используют планы усадебных земель периода генерального межевания 70–80-х годов XVIII в. [3]. На них можно получить информацию о расположении усадьбы, приведены данные о площадях и характере распределения земель по категориям, редко в план включали планировку сада. *Письменные* источники – это ревизские сказки, экономические примечания к планам, бюджетные книги, отчеты управляющих, переписка, мемуары, купчие, счета и воспоминания старожилов, записанные в разные годы, и небольшие заметки в газетах, журналах об их посещениях. К *иконографическим* источникам относят фотографии, рисунки, картины, выполненные художниками в разные годы, относящиеся к различным историческим эпохам [10]. Эти материалы используют как основу восстановления отдельных элементов усадебных комплексов. В зависимости от наличия и характера документальной информации об объекте каждый вид источника может выступать в качестве основного [7]. Основу объектов природно-культурного наследия составляют старинные усадьбы, парки и прилегающие к ним угодья. Эти усадьбы условно разделяют на три типа. Один назван утилитарным, здесь жили постоянно, и их планировка и оформление имеет практическую направленность. Второй тип – усадьбы парадного назначения, и их отнесли к памятникам садово-паркового искусства, и третий – промежуточный тип усадеб, в которых утилитарность сочетается с элементами паркового искусства [8].

Историко-культурный потенциал объекта связан с определенным историческим периодом. В зависимости от целевого назначения определяется основная концепция объекта природно-культурного наследия [5, 6]. Исторический период важен для определения облика достопримечательного места. Важно учитывать все детали планировки, а также сооружения, водоемы, насаждения и ландшафты, сохранившиеся с определенного периода до наших дней, которые подтверждают подлинный характер исторического комплекса. Необходимо провести учет всех сохранившихся элементов оформления, оставшихся в парках или усадьбах, которые свидетельствуют об их подлинности.

При ландшафтно-историческом анализе собирается материал об истории создания и развития усадебного парка и музея-заповедника, включающий периоды от закладки усадьбы до наших дней. Оценивают все произошедшие наслоения, утраты, нарушения в облике объектов природно-культурного наследия. Ландшафтно-исторический анализ территории служит основой для составления проекта восстановления объекта природно-культурного наследия для составления рабочей программы, намечающей основные пути и методические подходы по их сохранению и восстановлению.

При изучении парковых насаждений определялся породный состав и пространственная структура размещения растительного покрова, ландшафтные особенности и их пейзаж, элементы декоративного оформления, видовые точки, их перспективы восстановления исторического ландшафтного облика садово-паркового ансамбля. Одной из работ по восстановлению считают обмеры растительности с составлением плана сада и мероприятий по посадкам деревьев и кустарников.

Комплексный анализ исторических источников и собранных данных полевого обследования лежит в основе ландшафтно-исторического анализа территории природно-культурного наследия, содержащего обоснование всех историко-культурных особенностей о ландшафтном облике объекта за период его формирования. При полевых обследованиях объекта необходимо привлечение различных специалистов для комплексного обследования территории. В полевое обследование включена геодезическая съемка территории парка. В основном для площадей до 50 га масштаб плановых материалов должен быть 1:500, при котором достигается высокая

точность картирования территории. В геодезическом плане заложена информация о различных временных периодах парка, которая поможет найти местоположение исчезнувших элементов ландшафтной структуры [15]. Почвенный мониторинг территории парка дает возможность выявить характер взаимосвязей растительности и типов почв, обосновать причины изменений в ландшафте. Почвенные исследования служат основой для сохранения и восстановления парковых насаждений и лежат в основе их реставрации. При полевом обследовании проводится инвентаризация, съемка, маркировка и паспортизация древесных насаждений. Паспортизация деревьев включает следующий план действий: сбор данных о видовом разнообразии древесных пород; возраст, высоту, диаметр; характер кроны, размеры, состояние древостоя, патологические изменения, степень жизненности; эстетическую привлекательность. План возрастной структуры насаждений позволяет раскрыть или уточнить этапы исторического развития ландшафтной структуры парка. Проведено обследование 37 старовозрастных деревьев репродуктивной и синильной стадии развития. Возраст определялся путем расчета с использованием справочных лесотаксационных таблиц и формул. Жизненность определялась по морфологическим признакам кроны и стволовой части, наличию деформаций развития и состояния древостоя.

Все виды работ по восстановлению садово-парковых ландшафтов проводят по трем направлениям: сохранение, продление жизнедеятельности наиболее ценных насаждений, восстановление утраченных элементов композиции и ландшафтов парков. Первая группа работ направлена на проведение квалифицированного ухода за существующими старовозрастными и сохранившимися уникальными деревьями с применением всех современных методов. Работы по восстановлению характера насаждений – это различного назначения рубки, посадки деревьев, кустарников, цветов, создание газонов, улучшение травостоя с упором на научный анализ современного облика территории и экологического состояния парковых насаждений. Процесс восстановления опирается на передовые агротехнические приемы с учетом требований постоянных экспозиционных условий территории [14].

Значительная часть объектов природно-культурного наследия к настоящему времени сохранилась со значительными изменениями ландшафтного облика. Утрачены старовозрастные насаждения, на которые повлиял разнообразный характер хозяйственной деятельности различных этапов природопользования. В результате были вырублены лесные комплексы, спущены пруды, произошла смена древесно-кустарниковых пород, поляны заросли малоценной растительностью, выродились декоративные кустарники, появились многочисленные посадки, искажающие уникальный облик территории. В этой связи детально воссоздать реальную обстановку на памятном месте невозможно.

Для восстановления ландшафтного облика достопримечательного объекта необходимо создать комплексное документальное и научное обоснование всех положений восстановления и сохранения определенных элементов уникального природного комплекса. Важно детально изучить современное состояние ландшафта и биологические связи, возникшие за длительный период его функционального режима.

Поэтому при восстановлении ландшафтов усадеб ведущее значение приобретают полевые наблюдения, которые включают составление крупномасштабных планов, возрастной анализ древесных пород и картирование всех видов растительности, ландшафтно-исторический анализ территории. Методические подходы к восстановительным работам постоянно развиваются, и в настоящее время есть инструкции, которые могут быть рекомендованы для ландшафтного дизайна усадебных парков и садов, созданных в XVIII–XIX вв. и имеющих разную степень сохранности.

В процессе реставрации природно-культурного наследия выделены следующие этапы: полевое обследование; научно-исследовательские работы; составление комплексного проекта, алгоритм восстановления; проектирование дальнейшего использования.

В качестве примера рассмотрены объекты культурного наследия народов РФ федерального значения ансамбль усадьбы П.С. Щербатова («Братцево») и композиционно-планировочная структура ансамбля Покровское-Стрешнево. Усадебный дом в Братцево окружен большим пейзажным парком. Этот парк был разбит в конце XVIII – начале XIX в. в пределах в холмисто-овражистой местности и сохраняет подражание естественной природной среде. В парке созданы большие поляны, деревья сформированы в группы-куртины, дорожки напоминают тропинки в лесу. Переход от регулярных парков к пейзажным, для которых характерна естественная простота, произошел в России в конце 70-х гг. XVIII в., когда владельцы усадеб стали больше ценить природную естественность. По своим природным особенностям парк является уникальным для Москвы. В ландшафтной структуре парка преобладают сосновые насаждения в сочетании с живописным рельефом местности с 25-метровым перепадом высот, расположенные по левобережью речки, и значительным зеркалом прудов, занимающих площадь 14 га. Основные ландшафтные композиции были созданы в последней четверти XVIII в. с разнообразными приемами посадки деревьев, где

до нашего времени сохранились живые «букеты», «куртины», «беседки», где само разнообразие растительного мира отражает историю формирования российского паркового искусства.

Оценка экологического состояния старовозрастного древесного покрова показывает следующее: деревья возрастом до 150 лет – 2 штуки, от 150 до 200 лет – 2 экземпляра, от 200 до 250 лет – 28 штук и старше 250 лет – 5 экземпляров. Анализ внешних морфологических признаков позволил разделить обследуемые деревья на четыре группы. В первой группе хорошая жизнеспособность наблюдалась у 16,2 % деревьев, имеющих хорошее состояние с незначительными внешними повреждениями. В группе с подавленными морфологическими характеристиками развития было 18,9 % деревьев, у которых наблюдалось развитие прикорневой поросли, сросшиеся стволовые части, наличие морозобойных трещин и механических повреждений кроны. Группа с низкой жизнеспособностью включает в себя 40,5 % деревьев с выраженным усыханием кроны, наличием на стволе плодовых тел ксилофагов, механических повреждений ствола, наличие дупла, разреженность и ажурность кроны. Группа усыхающих деревьев составляет 24,4 % и характеризуется отсутствием ретинома в районе корневой шейки и выше, сильной разреженностью кроны, интенсивным развитием плодовых тел трутовиков, значительным углом наклона, механическими повреждениями ствола.

Дендрохронологические исследования дают возможность определить изменения в состоянии среды под влиянием антропогенных факторов. Фитоиндикационные исследования проводят на основе измерений ассиметрии листа дуба по флуктуирующей ассиметрии, отклонений от ширины листа относительно центральной жилки. Отмечено, что уровень морфологических отклонений от нормы при определенных минимальных условиях возрастает при стрессовых состояниях. На основе количественных данных по их изменениям Л. А. Луговской (2012) разработана шкала и алгоритм для биодиагностики комфортности среды обитания дуба [9]. Выделены оптимальные условия ниже 0,033, субоптимальные – 0,033–0,048, субпессимальные – 0,048–0,063, пессимальные – ниже 0,063. Такой подход перспективен для мониторинга садово-парковых ландшафтов объектов природно-культурного наследия.

Таким образом, окружающий ландшафт объектов культурного наследия должен соответствовать:

- историческим ландшафтам;
- все усадьбы имеют как композиционные различия, так и сходства;
- садово-парковые и лесопарковые ландшафты представляют собой своеобразную экологическую систему, они подчиняются естественному процессу развития и со временем приобрели все компоненты леса, которые являются наиболее устойчивой саморегулирующейся системой;
- за исторический период теряется их ландшафтная выразительность, и поэтому восстановление ландшафтных особенностей усадебных парков на современном этапе встречает большие трудности;
- в настоящее время возникли проблемы определения направления восстановления утраченных элементов композиции и выбора целесообразной методики реставрационных работ;
- в исторических лесопарках некоторые аллеи сохранились на 30–40 %, для восстановления считается целесообразным использовать полную замену деревьев аллеи;
- за период с момента создания на территории усадебных парков часто происходит смена пород, поэтому для сохранения ценных элементов художественного облика парков приходится осуществлять современные посадки, вырубку и пересадки;
- экологическое состояние лесопарков нарушается под влиянием близко расположенных антропогенных объектов, химическое загрязнение влияет на состав почвы, на изменение видового состава травянистого покрова и на его состояние.

Список литературы

1. Авилова К. В. Некоторые аспекты формирования сети охраняемых природных территорий в Москве // Экология и охрана природы Москвы и Московского региона. Москва, 1990. С. 200–209.
2. Алексеева Л. В., Нухимовская Ю. Д., Реймерс Н. Ф. Особо охраняемые природные территории: реальность, проблемы, перспективы // Природа. 1983. № 8. С. 34–43.
3. Бахирева Л. В., Киселева Е. А., Коломенская В. Н. и др. Геоэкологические основы охраны архитектурно-исторических памятников и рекреационных объектов / отв. ред. Л. В. Бахирева, Г. Л. Кофф; Ин-т литосферы. Москва: Наука, 1991. 157 с.
4. Бахтина И. К. Принципы формирования охраняемых территорий (на основе опыта проектирования) // Территориальная организация рекреационной деятельности в Московской области. Москва, 1984. С. 18–19.
5. Веденин Ю. А. География наследия. Территориальные подходы к изучению и сохранению наследия. Москва: Новый хронограф. 2018. 472 с.

6. Горбатова В. И., Чичев А. В. Памятники природы Москвы // Состояние, перспективы изучения и проблемы охраны природных территорий Московской области. Москва: Наука, 1988. С. 48–49.
7. Забелин И. Е. Московские сады в XVII столетии // Журнал садоводства. Москва, 1859. Т. 1.
8. Кабаева И. А. Оценка ассортимента древесных пород в озеленении Подмоскovie // Изв. Рос. геогр. об-ва. 1992. Вып. 4. Т. 124. С. 84–88.
9. Луговская Л. А. Геоэкологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий биоиндикационными методами: на примере Хоперского государственного природного заповедника: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36. Астрахань, 2012. 24 с.
10. Никифорова А. А. Памятники природно-культурного наследия в регионах ресурсного типа: особенности охраны: монография. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. 127 с.
11. Мазуров Ю. Л. Природное и культурное наследие как фактор развития природопользования: вопросы методологии и практики управления: автореферат дис. ... д-ра геогр. наук: 25.00.24. Москва, 2006. 50 с.

References

1. Avilova K. V. Some aspects of the formation of a network of protected natural areas in Moscow. *Ecology and nature protection of Moscow and the Moscow region*. Moscow; 1990:200–209 (In Russ.).
2. Alekseeva L. V., Nukhimovskaya Yu. D., Reimers N. F. Specially protected natural areas: reality, problems, prospects. *Nature*. 1983;8:34–43 (In Russ.).
3. Bakhireva L. V., Kiseleva E. A., Kolomenskaya V. N. et al. *Geoecological foundations of the protection of architectural and historical monuments and recreational facilities*. Resp. ed. L. V. Bakhireva, G. L. Koff; Lithosphere Institute. Moscow: Nauka Publ.; 1991:157 (In Russ.).
4. Bakhtin I. K. Principles for the formation of protected areas (based on design experience). *Territorial organization of recreational activities in the Moscow region*. Moscow; 1984:18–19 (In Russ.).
5. Vedenin Yu. A. Heritage geography. Territorial approaches to heritage study and preservation. Moscow: New chronograph; 2018:472 (In Russ.).
6. Gorbatova V. I., Chichev A. V. Natural monuments of Moscow. *State, prospects for study and problems of protection of natural territories of the Moscow region*. Moscow: Nauka Publ.; 1988:48–49 (In Russ.).
7. Zabelin I. E. Moscow gardens in the XVII century. *Journal of Gardening*. Moscow; 1859:1 (In Russ.).
8. Kabaeva I. A. Assessment of the range of tree species in the landscaping of the Moscow region. *News of the Russian Geographical Community*. 1992;4:124:84–88 (In Russ.).
9. Lugovskaya L. A. *Geoecological assessment of the state of specially protected natural areas by bioindicative methods: on the example of the Khopersky State Nature Reserve: abstract of dis. ... Candidate of Geographical Science: 25.00.36*. Astrakhan; 2012:24 (In Russ.).
10. Nikiforova A. A. *Monuments of natural and cultural heritage in regions of the resource type: features of protection: monograph*. Nizhnevartovsk: Publishing House of Nizhnevartovsk State University; 2013:127 (In Russ.).
11. Mazurov Yu. L. *Natural and cultural heritage as a factor in the development of nature management: issues of methodology and management practice: abstract of dis. ... Doctors of Geographical Sciences: 25.00.24*. Moscow; 2006:50 (In Russ.).

Информация об авторах

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

Information about the authors

Chikin A. Yu. – Graduate student of the Department of Geography, Geoecology and Nature Management;
Lugovskoy A. M. – Doctor of Geography, Professor, Department of Geography;
Mezhova L. A. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, 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 15.01.2025; одобрена после рецензирования 27.01.2025; принята к публикации 10.02.2025.

The article was submitted 15.01.2025; approved after reviewing 27.01.2025; accepted for publication 10.02.2025.

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 73–81.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):73–81 (In Russ.).

Научная статья

УДК 332.6

<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.011>

РОЛЬ КОМПЛЕКСНЫХ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ В УПРАВЛЕНИИ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Березина Ангелина Михайловна^{1✉}, Перов Александр Юрьевич²

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

¹angelina.berezina2002@yandex.ru ✉

²flick-media@yandex.ru

Аннотация. В статье излагается информация о том, что эффективное управление земельными ресурсами населенных пунктов требует современного подхода к систематизации кадастровых данных. Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН) служит ключевым инструментом для решения этой задачи, однако его эффективность напрямую зависит от актуальности и полноты содержащейся в нем информации. Данную проблему возможно устранить через внедрение комплексных кадастровых работ, для чего разработан детальный алгоритм их проведения. В процессе реализации комплексных кадастровых работ осуществляется тщательное обследование территории с последующей постановкой на государственный кадастровый учет всех выявленных объектов недвижимости. Внедрение предложенного алгоритма в статье существенно повышает качество градостроительного планирования и способствует формированию актуальной базы данных о недвижимости в рамках исследуемой территории. Это создает надежную основу для принятия обоснованных управленческих решений в сфере земельных отношений и территориального развития.

Ключевые слова: комплексные кадастровые работы, объект капитального строительства, земельный участок, границы, кадастровый квартал

Для цитирования: Березина А. М., Петров А. Ю. Роль комплексных кадастровых работ в управлении земельными ресурсами с применением геоинформационных технологий // *Геология, география и глобальная энергия.* 2025. № 1 (96). С. 73–81. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.011>.

ROLE OF INTEGRATED CADASTRAL WORKS IN LAND RESOURCE MANAGEMENT USING GEOINFORMATION TECHNOLOGIES

Angelina M. Berezina^{1✉}, Alexander Yu. Perov²

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

¹angelina.berezina2002@yandex.ru ✉

²flick-media@yandex.ru

Abstract. The article provides information that effective management of land resources in settlements requires a modern approach to systematization of cadastral data. The Unified State Register of Real Estate (USRN) serves as a key tool for solving this problem, but its effectiveness directly depends on the relevance and completeness of the information contained in it. This problem can be eliminated through the introduction of integrated cadastral works, for which a detailed algorithm has been developed. During the implementation of the integrated cadastral works, a thorough survey of the territory is carried out, followed by registration on the state cadastral register of all identified real estate objects. The implementation of the proposed algorithm in the article significantly improves the quality of urban planning and contributes to the formation of an up-to-date database of real estate within the study area. This creates a reliable basis for making informed management decisions in the field of land relations and territorial development.

Keywords: complex cadastral works, capital construction object, land plot, boundaries, cadastral quarter

For citation: Berezina A. M., Petrov A. Yu. Role of integrated cadastral works in land resource management using geoinformation technologies. *Geology, Geography and Global Energy.* 2025;1(96):73–81. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.011> (In Russ.).

В настоящее время современная система учета недвижимости требует комплексного подхода к сбору и обработке информации об объектах и правах на них. Комплексные кадастровые работы становятся ключевым инструментом в этом процессе, объединяя различные аспекты технического и правового характера. Реализация кадастровых работ представляет собой многоуровневую систему, где каждый элемент требует особого внимания и профессионального подхода. В основе этой системы лежит синтез геодезических измерений, картографического моделирования и юридического сопровождения. Такое сочетание различных направлений деятельности определяет как сложность выполнения работ, так и их высокую значимость для современного градостроительства. Успешное проведение кадастровых мероприятий неразрывно связано с применением передовых технологических решений. Специалисты должны не только владеть актуальными инструментами и методиками, но и постоянно адаптировать свои навыки к стремительному развитию технической базы. При этом особую важность приобретает способность оперативно реагировать на изменения в законодательной сфере, которые напрямую влияют на порядок проведения работ. Результатом качественно выполненных комплексных кадастровых работ становится формирование точной и актуальной базы данных об объектах недвижимости. Это обеспечивает не только корректное отражение информации в государственных реестрах, но и создает надежную основу для эффективного управления городской средой в условиях ее динамичного развития.

Современный подход к учету и регистрации объектов недвижимости базируется на комплексном применении специализированных технологий и методик. Фундаментальную роль в этом процессе играет интеграция классических дисциплин землеустройства и кадастра с инновационными геоинформационными системами. Использование профессионального программного обеспечения позволяет проводить детальный анализ данных, гарантируя высокую точность результатов. Особое значение в процессе выполнения кадастровых работ имеет подготовительный этап. На этой стадии осуществляется масштабный сбор информации об объектах недвижимости и земельных участках, включающий работу с различными источниками данных. Специалисты анализируют архивные кадастровые карты, изучают выписки из реестров и рассматривают земельные акты, формируя информационную базу. Тщательность проработки этого этапа напрямую влияет на качество всех последующих процедур.

Правовая составляющая кадастровых работ требует пристального внимания к действующему законодательству. Строгое соблюдение нормативных требований и регламентов позволяет минимизировать юридические риски и обеспечить законность проводимых мероприятий. Это особенно важно при работе с документацией, представленной как в текстовом, так и в графическом форматах. Системный подход к организации подготовительного этапа создает надежный фундамент для дальнейшей работы. Последовательное выполнение всех необходимых процедур, опирающееся на качественную предварительную подготовку, гарантирует успешное решение задач учета и регистрации недвижимости. Такой методичный подход обеспечивает высокую эффективность кадастровых работ и достоверность получаемых результатов [6].

Формирование точной и достоверной базы данных об объектах недвижимости требует комплексного подхода к сбору и обработке информации из различных источников. Ключевым элементом этого процесса является интеграция современных технологий с традиционными методами кадастрового учета. Фундаментальную роль в проведении кадастровых работ играет создание высококачественной геодезической сети. Этот процесс реализуется через установку контрольных точек и применение передовых геодезических технологий. Полевые измерения осуществляются с использованием современного оборудования, включая тахеометры и GPS-приемники, что обеспечивает максимальную точность при определении координат границ земельных участков.

Интеграция данных из Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН), государственного адресного реестра (КЛАДР) и информационной системы обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) позволяет создать комплексную картину состояния объектов недвижимости. Такой многосторонний подход к сбору и анализу информации обеспечивает высокую достоверность результатов кадастровых работ и их соответствие современным требованиям.

Проведение комплексных кадастровых работ в Калининском районе Краснодарского края было направлено на решение ряда стратегических задач. Основными целями стали повышение точности данных ЕГРН, исправление ошибок в сведениях об объектах недвижимости и выявление границ свободных территорий. Масштаб работ охватывал несколько кадастровых кварталов, что позволило реализовать системный подход к решению существующих проблем.

Картографическая основа работ формировалась на базе проекта межевания из государственного фонда данных. Для обработки полученной информации применялся современный программный комплекс, включающий «ТехноКад-Гео» для работы с графическими данными и «ТехноКад-Экспресс» для обработки текстовой информации. Такое сочетание программных инструментов обеспечило высокую точность анализа и эффективную интеграцию различных типов данных [11].

Использование геоинформационных систем позволило создать детальные планы и схемы территории, отражающие актуальные характеристики земельных участков. Применение современного оборудования и технологий в процессе картографических работ обеспечило высокую точность измерений и создало надежную основу для последующего кадастрового учета объектов недвижимости.

Калининский район, расположенный в северо-западной части Краснодарского края, является важным агропромышленным центром региона. Особое внимание в рамках исследования уделено кадастровому кварталу 23:10:0402006, находящемуся в станице Калининской, которая служит административным центром района. Территориальное расположение исследуемой зоны характеризуется удобной транспортной доступностью – всего 55 километров от краевого центра, города Краснодара. Природные особенности района определяются его расположением на берегах реки Понуры, что создает благоприятные условия для развития различных отраслей экономики.

Экономический профиль района отличается разнообразием и комплексным характером. Основу составляет развитый агропромышленный комплекс, включающий сельскохозяйственное производство, перерабатывающую промышленность и предприятия пищевой отрасли. Дополнительным направлением экономической деятельности выступают рыбоводство и рыболовство, что обусловлено природными особенностями территории. Проведение кадастровых исследований в данном районе имеет особую значимость, учитывая многопрофильный характер местной экономики. Уточнение и актуализация кадастровых данных способствуют эффективному управлению земельными ресурсами и дальнейшему развитию как аграрного, так и промышленного секторов региона [5].

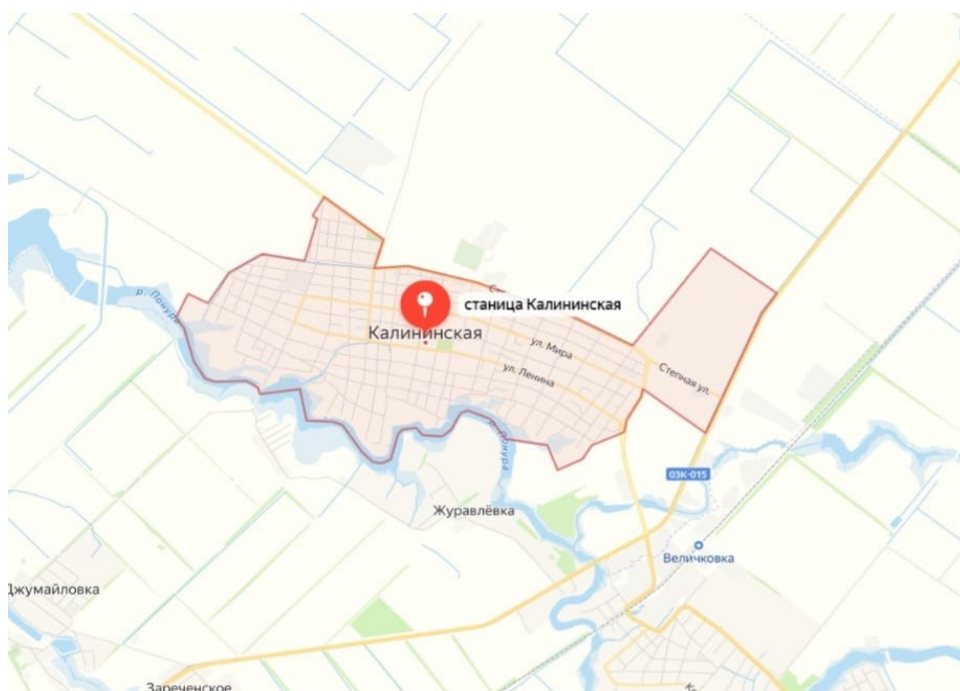


Рисунок 1 – Местоположение ст. Калининской Калининского р-на Краснодарского края

Показатели рассматриваемого в работе кадастрового квартала 23:10:0402006, согласно данным Единого государственного реестра недвижимости и материалов инвентаризации, соответствуют характеристикам, указанным в таблице 1.

Предварительное обследование кадастрового квартала 23:10:0402006 выявило значительные пробелы в системе учета объектов недвижимости. Из 61 объекта капитального строительства только 50 имеют определенные границы, а среди 354 земельных участков у 165 границы не установлены. Детальное изучение схемы кадастрового деления станицы Калининской, которое проводилось на основе спутниковых снимков, обеспечило понимание особенностей территориального зонирования исследуемого квартала. Выявленные несоответствия в данных ЕГРН указывают на необходимость проведения комплексных мероприятий по актуализации сведений об объектах недвижимости. Устранение существующих пробелов в кадастровой информации позволит создать точную и полную базу данных, необходимую для эффективного управления территорией.

Таблица 1 – Характеристика кадастрового квартала 23:10:0402006

Кадастровый номер	Категория земель/основное использование земель в кадастровом квартале	Количество земельных участков и объектов капитального строительства в кадастровом квартале, шт.		Количество земельных участков и объектов капитального строительства в кадастровом квартале, не имеющих границ в ЕГРН, шт.	
		ЗУ	ОКС	ЗУ	ОКС
23:10:0402006	Земли сельскохозяйственного назначения, земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения	354	61	165	11



Рисунок 2 – Фрагмент схемы кадастрового деления ст. Калининской

Панель управления OneSoil реализована как Single Page Application на базе React с использованием TypeScript и современных принципов разработки пользовательского интерфейса. Основной контейнер приложения использует CSS Grid Layout для организации компоновки основных блоков интерфейса, обеспечивая адаптивность и гибкость расположения элементов. Верхняя панель (Header) реализована как фиксированный компонент с использованием Flexbox для выравнивания элементов управления и навигации. Система глобального поиска интегрирована с Elasticsearch для обеспечения быстрого полнотекстового поиска по всем сущностям системы с поддержкой автодополнения и фильтрации результатов.

Навигационное меню реализовано через компонент высшего порядка с поддержкой вложенных маршрутов React Router. Состояние приложения управляется через Redux с использованием Redux Toolkit для уменьшения шаблонного кода. Middleware системы обрабатывает асинхронные действия и взаимодействие с API. Селекторы Redux оптимизированы с помощью библиотеки Reselect для минимизации перерендеринга компонентов.

Интерактивная карта реализована на базе Mapbox GL JS с кастомными слоями для отображения границ полей, индексов вегетации и других тематических данных. Векторные данные полей хранятся в формате GeoJSON и кэшируются в IndexedDB браузера для оффлайн-доступа. Система кластеризации маркеров оптимизирует производительность при отображении большого количества объектов на карте [4].



Рисунок 3 – Фрагмент спутникового снимка 2019 г. DigitalGlobe

Графики и диаграммы построены с использованием библиотеки Recharts, обеспечивающей отзывчивый интерфейс и оптимизированный рендеринг SVG. Компоненты визуализации данных используют системы виртуализации для эффективной работы с большими наборами данных. Все графики поддерживают интерактивность с возможностью масштабирования и детализации данных.

Система уведомлений построена на WebSocket соединении через Socket.IO, обеспечивая real-time обновления состояния задач и важных событий. Push-уведомления реализованы через Service Workers с поддержкой офлайн-режима. Локальное хранилище браузера используется для кэширования пользовательских настроек и последних просмотренных элементов [2].

Таблицы и списки используют виртуализацию через react-window для оптимизации производительности при работе с большими наборами данных. Реализована система сортировки, фильтрации и группировки данных на клиентской стороне с возможностью переключения на серверную обработку для больших объемов. Все компоненты интерфейса разработаны с учетом принципов доступности (ARIA), поддерживают управление с клавиатуры и оптимизированы для работы со скринридерами. Реализована система интернационализации через react-intl с поддержкой динамической загрузки языковых пакетов.

Система отчетов использует web-workers для генерации PDF-документов на клиентской стороне, не блокируя основной поток выполнения. Экспорт данных поддерживает различные форматы (CSV, Excel, PDF) с возможностью кастомизации шаблонов. Компоненты календаря и планировщика задач построены на базе FullCalendar с поддержкой drag-and-drop и рекуррентных событий [11].

Проведение комплексных кадастровых работ в кадастровом квартале 23:10:0402006 позволило существенно повысить точность учета объектов недвижимости. В ходе работ было уточнено местоположение границ 150 земельных участков, что значительно улучшило качество кадастровой информации. Отдельным направлением исследования стало выявление и уточнение данных о земельных участках, содержащих объекты капитального строительства.

Результаты работ были визуализированы в виде детальных схем, отражающих как уточненные границы земельных участков, так и расположение объектов капитального строительства. Создание подробного плана территории кадастрового квартала обеспечило наглядное представление всех земельных участков и их взаимного расположения. Проведенные мероприятия подтвердили эффективность комплексного подхода к актуализации кадастровых данных. Полученные результаты создают надежную основу для принятия управленческих решений в сфере земельных отношений и градостроительной деятельности [10].

Проведенное обследование кадастрового квартала 23:10:0402006 выявило существенные пробелы в регистрации прав собственности на земельные участки. Для устранения обнаруженных несоответствий была инициирована многоступенчатая процедура верификации данных [6].

На первом этапе собранная информация была передана в Росреестр для проведения комплексной проверки сведений ЕГРН и выявления возможных технических ошибок в реестровых

делах. Процедура исправления выявленных несоответствий осуществляется в строгом соответствии с действующим законодательством. Правовую основу составляют положения пункта 3 статьи 70 Федерального закона № 218-ФЗ и пункта 214 Приказа Росреестра № П/0241, регламентирующие порядок ведения ЕГРН и механизмы корректировки данных. Реализация этих нормативных требований обеспечивает повышение достоверности кадастровой информации и способствует совершенствованию системы управления земельными ресурсами [10].

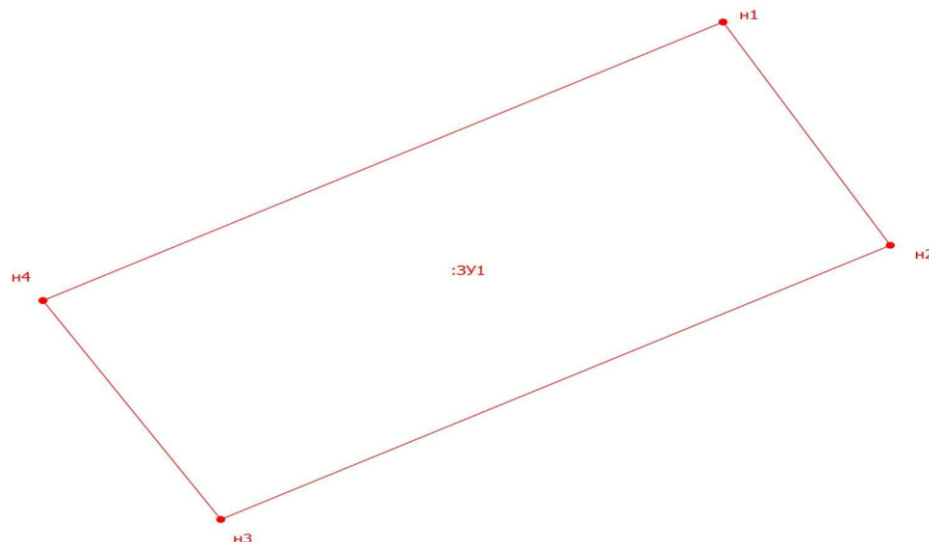


Рисунок 4 – Пример контура уточняемого земельного участка в КК 23:10:0402006

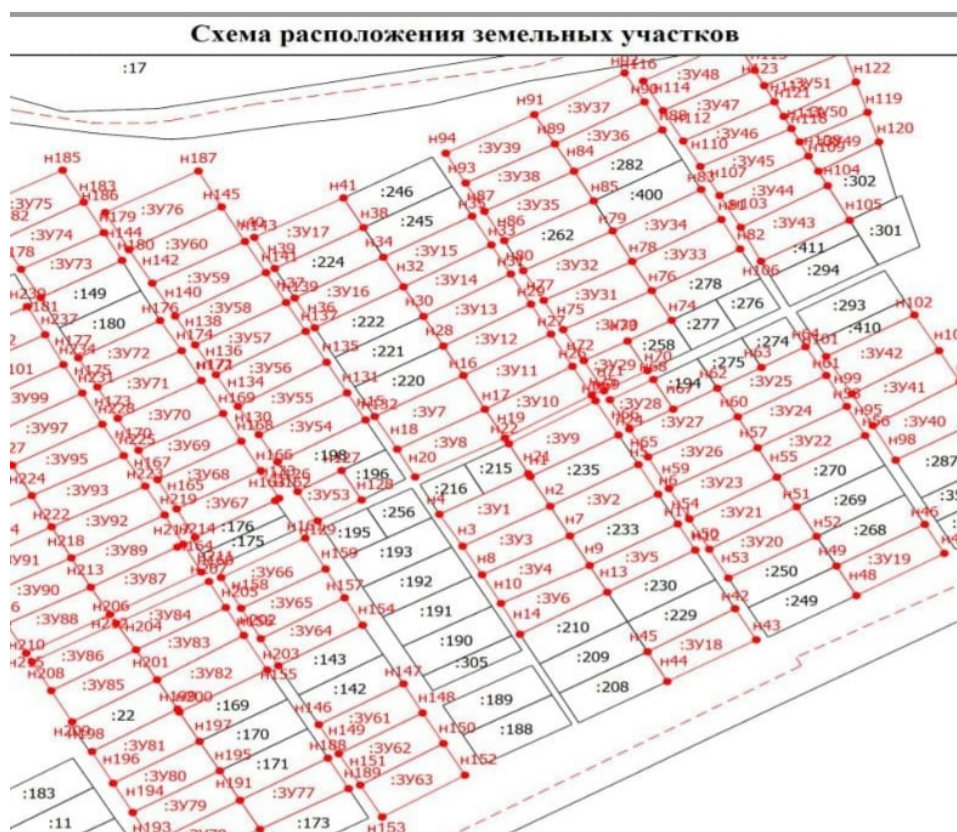


Рисунок 5 – Пример схемы расположения земельных участков в КК 23:10:0402006

Комплексное обследование территории выявило ряд несоответствий в кадастровых данных, требующих оперативного устранения. Ключевыми направлениями корректировки стали уточнение адресных данных земельных участков и приведение видов их разрешенного использования в соответствие с действующими нормативами.

Детальный анализ информационной системы обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) обнаружил 14 земельных участков с несоответствующими видами разрешенного использования. В результате проведенных мероприятий эти характеристики были скорректированы согласно актуальным градостроительным требованиям. Параллельно осуществлялась работа по уточнению адресов участков на основании соответствующих постановлений (табл. 2).

На базе проведенного исследования разработан комплексный алгоритм реализации результатов кадастровых работ. Предложенная методика позволяет не только актуализировать данные о видах разрешенного использования земли, но и получить точные сведения о территориальном зонировании. Такой подход создает надежную основу для эффективного управления земельными ресурсами и обеспечивает устойчивое градостроительное развитие территории [6].

Таблица 2 – Алгоритм реализации результатов ККР для объектов градостроительного регулирования

Варианты изменений после проведения ККР	Фактическое изменение		В реестрах		
	пространственные	юридические	ИСОГД	ЕГРН	ФНС
Уточнение земельного участка	Определение уточняемого местоположения границ земельного участка	Изменение правового режима земельного участка	Нет	Внесение уточненных сведений о местоположении и границ земельного участка, уточнении адреса объекта	Внесение сведений об уточнении адреса объекта
Корректировка территориальных (градостроительных) зон	Определение уточняемого местоположения границ зон	Контроль корректности градостроительного регламента	Корректировка схемы зонирования; корректировка градостроительных регламентов	Внесение уточняемых сведений в ЕГРН	Нет

Результаты комплексных кадастровых работ требуют системного подхода к актуализации градостроительной документации. Первостепенной задачей является внесение изменений в Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН), однако этим процесс не ограничивается. Необходима комплексная корректировка документов территориального планирования, включая Генеральный план, Правила землепользования и застройки, а также проект межевания территории. Правовым основанием для таких изменений служат положения частей 1 и 6 статьи 42.1 Федерального закона № 221-ФЗ, которые регламентируют процесс образования земельных участков на основе утвержденного проекта межевания территории. Реализация этих требований обеспечивает согласованность кадастровых данных с проектной документацией и создает надежную основу для эффективного управления территориальным развитием.

Процесс актуализации кадастровой стоимости земельных участков представляет собой важный этап в системе кадастрового учета. Правовую основу этой процедуры составляет Федеральный закон № 237-ФЗ от 03.07.2016, который устанавливает механизмы пересмотра стоимости при изменении характеристик участков.

Обязательный пересчет кадастровой стоимости инициируется при внесении корректировок в Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН), особенно когда изменения затрагивают ключевые характеристики земельных участков. Результатом таких изменений может стать как повышение, так и снижение кадастровой стоимости, что напрямую зависит от корректировки площади участка и/или изменения вида его разрешенного использования.

Такой подход к актуализации кадастровой стоимости обеспечивает соответствие оценки реальным характеристикам земельных участков и создает достоверную базу для налогообложения и других экономических операций с недвижимостью [10].

Список литературы

1. Барсукова Г. Н., Желтобрюхова М. В., Юрченко К. А. Проблемы и перспективы использования земельных ресурсов в Краснодарском крае // Тр. КубГАУ. 2021. № 1. С. 14–18.

2. Барсукова Г.Н. Особенности земли как природного объекта и объекта земельных отношений // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (36). С. 25–33.
3. Гаврюхова Л. Н., Гаврюхов А. Т., Пшидаток С. К., Турк Г. Г. Землеустройство: учебно-методическое пособие. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2017. 78 с. EDN YPJQFN.
4. Гагаринова Н. В., Белокур К. А., Матвеева А. В. Правовое обеспечение землеустройства и кадастров: учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2018. 175 с.
5. Гагаринова Н. В., Сидоренко М. В. Управление земельными ресурсами: учебное пособие. 2-е изд. Краснодар: КубГАУ, 2017. 159 с.
6. Пилипенко М. С., Турк Г. Г. Проектно-исследовательские работы при предоставлении земельных участков для строительства // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год: в 3 ч., Краснодар, 01 марта 2022 года / отв. за выпуск А. Г. Кошаев. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2022. Ч. 1. С. 679–681. EDN RGUSLD.
7. Подколзин О. А., Соколова И. В., Перов А. Ю. и др. Инвентаризация земель сельскохозяйственного назначения как элемент системы управления земельными ресурсами // Успехи современного естествознания. 2018. № 9. С. 72–77. EDN YAVGEH.
8. Публичная кадастровая карта. URL: <https://b.ros cadastres.com/map>.
9. Савченко Ю. М., Турк Г. Г. Особенности управления земельными ресурсами Краснодарского края // Московский экономический журнал. 2023. Т. 8, № 2. DOI 10.55186/2413046X_2023_8_2_64. EDN YHHXMX.
10. Солoduнов А. А. Проблемы современных методов оценки недвижимости // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2016 г., Краснодар, 29 марта 2017 года. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2017. С. 46–47. EDN ZAUXXN.
11. Солoduнов А. А. Трехмерное лазерное сканирование как способ получения кадастровой информации // Итоги научно-исследовательской работы за 2021 год: материалы Юбилейной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ, Краснодар, 06 апреля 2022 года / отв. за выпуск А.Г. Кошаев. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2022. С. 284–286. EDN FEXSSS.
12. Турк Г. Г. Теоретические основы проведения кадастровых работ с использованием беспилотных летательных аппаратов // Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии: материалы ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2022 г., Краснодар, 12 мая 2023 года. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2023. С. 338–340. EDN EYLDQG.
13. Шевченко Д. А., Перов А. Ю., Седых Н. В. Применение геоинформационного моделирования при мониторинге агроландшафтов // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе, Ставрополь, 22–30 марта 2011 года. Ставрополь, 2011. С. 107–109. EDN RDWQFB.

References

1. Barsukova G. N., Zheltobryukhova M. V., Yurchenko K. A. Problems and prospects of using land resources in the Krasnodar Territory. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2021;1:14–18 (In Russ.).
2. Barsukova G.N. Features of the earth as a natural object and an object of land relations. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2022;3(36):25–33 (In Russ.).
3. Gavryukhov L. N., Gavryukhov A. T., Pshidatok S. K., Turk G. G. *Land management: An educational and methodical manual*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 2017:78. EDN YPJQFN (In Russ.).
4. Gagarinova N. V., Belokur K. A., Matveeva A. V. *Legal support of land management and cadastres: textbook*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University; 2018:175 (In Russ.).
5. Gagarinova N. V., Sidorenko M. V. *Land management: studies manual*. 2nd ed. Krasnodar: KubGAU; 2017:159 (In Russ.).
6. Pilipenko M. S., Turk G. G. Design and survey work in the provision of land for construction. *Scientific support of the agro-industrial complex: a collection of articles based on the materials of the 77th scientific and practical conference of students based on the results of research in 2021: in 3 parts, Krasnodar, March 01, 2022. Rel. for the release of A. G. Koshchayev*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. 2022;1:679–681. EDN RGUSLD (In Russ.).
7. Podkolzin O. A., Sokolova I. V., Perov A. Yu. et al. Inventory of agricultural lands as an element of the land management system. *Successes of Modern Natural Science*. 2018;9:72–77. EDN YAVGEH (In Russ.).
8. *Public cadastral map*. URL: <https://b.ros cadastres.com/map> (In Russ.).
9. Savchenko Yu. M., Turk G. G. Features of land management in the Krasnodar Territory. *Moscow Economic Journal*. 2023;8:2. DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_2_64. EDN YHHXMX (In Russ.).
10. Solodunov A. A. Problems of modern methods of real estate valuation. *Scientific support of the agro-industrial complex: a collection of articles based on the materials of the 72nd scientific and practical conference of teachers based on the results of research in 2016, Krasnodar, March 29, 2017*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 2017:46–47. EDN ZAUXXN (In Russ.).
11. Solodunov A. A. Three-dimensional laser scanning as a way to obtain cadastral information. *Results of research work for 2021: materials of the Jubilee scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Agrarian University, Krasnodar, April 06, 2022. Rev. for the issue A. G. Koshchayev*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 2022:284–286. EDN FEXSSS (In Russ.).

12. Turk G. G. Theoretical foundations of cadastral works using unmanned aerial vehicles. *Points of scientific growth: at the start of the decade of science and technology: materials of the annual scientific and practical conference of teachers on the results of research in 2022, Krasnodar, May 12, 2023*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 2023:338–340. EDN EYLDQG (In Russ.).

13. Shevchenko D. A., Perov A. Yu., Sedykh N. V. Application of geoinformation modeling in monitoring of agricultural landscapes. *Modern resource-saving innovative technologies of crop cultivation in the North Caucasus Federal District, Stavropol, March 22–30, 2011*. Stavropol; 2011:107–109. EDN RDWQFB (In Russ.).

Информация об авторах

Березина А. М. – магистрант землеустроительного факультета;

Перов А. Ю. – доцент кафедры землеустройства и земельного кадастра, доцент, кандидат географических наук.

Information about the authors

Berezina A. M. – Master's student at the Faculty of Land Management;

Perov A. Yu. – Associate Professor of the Department of Land Management and Land Cadastre, 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 17.12.2024; одобрена после рецензирования 25.12.2024; принята к публикации 16.01.2025.

The article was submitted 17.12.2024; approved after reviewing 25.12.2024; accepted for publication 16.01.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 82–90.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):82–90 (In Russ.).

Научная статья

УДК 502.5

<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.012>

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Столярова Елена Михайловна^{1✉}, Сорокин Андрей Павлович², Бурукина Екатерина Андреевна³,
Занозин Виктор Валерьевич⁴

Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия

¹elena_astra@inbox.ru✉

²sor-and@mail.ru

³pro100-ekaterina@mail.ru

⁴victor_z94@mail.ru

Аннотация. Дистанционное зондирование Земли является мощным инструментом для оценки состояния земель сельскохозяйственного назначения и проведения анализа их качества. Земельные ресурсы играют важную роль в развитии сельского хозяйства, применение данных дистанционного зондирования Земли имеет большой потенциал. Одной из основных проблем состояния земель сельскохозяйственного назначения в Астраханской области является недостаточное качество почв для развития сельского хозяйства и своевременное выявление эрозионных участков полей. Данные дистанционного зондирования Земли позволяют оперативно и актуально получать информацию о состоянии земельных ресурсов и предвидеть дальнейшее деградирование почвенного покрова. В качестве объекта исследования был выбран участок территории сельскохозяйственных земель, расположенный в Приволжском районе Астраханской области. Данные о состоянии почвенного покрова для исследования были получены при помощи съемок беспилотного летающего аппарата БПЛА «Геоскан 201». Для оценки состояния сельскохозяйственных земель были использованы методы, используемые при дистанционном зондировании Земли, а именно метод аэрофотографирования и дешифровка аэрофотоснимков. При проведении дешифровки ортофотопланов на основании первичных визуальных анализов данных можно своевременно выявлять участки проявления водной эрозии и разрушения пахотных слоев почв сельскохозяйственных полей. Для оценки состояния сельскохозяйственных культур был использован метод вегетационного индекса растительности (GRVI). Индекс RGVI (Red Green Vegetation Index) является одним из индексов, основанных на анализе спектральных характеристик растительного покрова. Результаты исследования, приведенные в работе, показали, что по величине индекса RGVI можно констатировать факты наличия культурных растений на полях с тем или иным уровнем вегетации и здоровья, что невозможно обнаружить при визуальном анализе, а также факт изреженности посевов или отсутствия растений.

Ключевые слова: сельскохозяйственные земли, дистанционное зондирование Земли, почвенный покров, эрозионные участки полей, ортофотопланы, мониторинг, управление, землепользование, площадь, информация

Для цитирования: Столярова Е. М., Сорокин А. П., Бурукина Е. А., Занозин В. В. Применение данных дистанционного зондирования Земли для мониторинга почвенного покрова и сельскохозяйственных культур // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 82–90. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.012>.

USE OF REMOTE SENSING DATA FOR MONITORING SOIL COVER AND CROPS

Elena M. Stolyarova^{1✉}, Andrey P. Sorokin², Ekaterina A. Burukina³, Viktor V. Zanozin⁴
Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

¹elena_astra@inbox.ru✉

²sor-and@mail.ru

³pro100-ekaterina@mail.ru

⁴victor_z94@mail.ru

Abstract. Remote sensing of the earth is a powerful tool for assessing the condition of agricultural lands and analyzing their quality. Land resources play an important role in the development of agriculture, and the use of remote sensing data has great potential. One of the main problems with the condition of agricultural lands in the Astrakhan region is the insufficient soil quality for agricultural development and the timely identification of erosive areas of fields. Remote sensing data of the earth allows us to quickly and accurately obtain information about the state of land resources and anticipate further degradation of the soil cover. A plot of agricultural land located in the Privolzhsky district of the Astrakhan region was chosen as the object of the study. Data on the state of the soil cover for the study were obtained using surveys of the Geoscan 201 unmanned aerial vehicle. To assess the condition

of agricultural lands, the methods used in remote sensing of the earth were used, namely the method of aerial photography and the decryption of aerial photographs. When deciphering orthophotoplanes based on primary visual data analyses, it is possible to identify areas of water erosion and destruction of arable soil layers of agricultural fields in a timely manner. The vegetation vegetation index (GRVI) method was used to assess the condition of agricultural crops. The RGVI Index (Red Green Vegetation Index) is one of the indexes based on the analysis of spectral characteristics of vegetation cover. The results of the study presented in the paper showed that by the value of the RGVI index, it is possible to state the presence of cultivated plants in fields with a certain level of vegetation and health, which cannot be detected by visual analysis, as well as the fact of sparse crops or the absence of plants.

Keywords: agricultural lands, remote sensing of the earth, soil cover, erosion areas of fields, orthophotoplanes, monitoring, management, land use, area, information

For citation: Stolyarova E. M., Sorokin A. P., Burukina E. A., Zanozin V. V. Use of remote sensing data for monitoring soil cover and crops. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):82–90. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.012> (In Russ.).

Дистанционное зондирование (ДЗ) Земли является мощным инструментом для оценки состояния земель сельскохозяйственного назначения и проведения анализа их качества. Современные технологии и методы обработки данных, полученных при помощи спутников и других аэрокосмических систем, позволяют получить информацию о различных параметрах почвы, влажности, растительности и других факторах, влияющих на состояние сельскохозяйственных угодий.

Земельные ресурсы играют важную роль в развитии сельского хозяйства, применение данных дистанционного зондирования Земли имеет большой потенциал. Благодаря этому инструменту возможно детальное и объективное изучение состояния почвенного покрова, классификация земельных участков по их пригодности для различных видов сельскохозяйственной деятельности, определение уровня урожайности и прогнозирование возможных агроэкологических проблем [3].

Одной из основных проблем состояния земель сельскохозяйственного назначения в Астраханской области является недостаточное качество почв. В связи с неправильным использованием удобрений или недостатком необходимых плодородных веществ, почвы теряют свою плодородность, что снижает урожайность и качество выращиваемых культур.

ДЗ и ГИС-технологии полезны для планирования эффективного использования природных ресурсов на национальном, государственном и местном уровнях. Применение этих технологий в управлении природными ресурсами быстро увеличивается в связи с успехами, достигнутыми в космической индустрии с точки зрения пространственного, временного, спектрального и радиометрического разрешения. Дистанционное зондирование обладает рядом уникальных преимуществ:

- технология ДЗ известна как неразрушающий метод для сбора информации об особенностях земного покрова;
- данные ДЗ могут быть получены систематически для крупных географических районов, а не для одного объекта наблюдения;
- данные ДЗ могут раскрыть информацию о местах, которые недоступны для человеческого исследования;
- систематический (растр) сбор данных ДЗ может избавить от предвзятости отбора проб;
- ДЗ может обеспечить фундаментальную биофизическую информацию, которая может использоваться в других науках;
- ДЗ не зависит от данных, полученных в других областях, таких как картография или ГИС.

В статье объектом исследования являются земли сельскохозяйственного назначения Приволжского района Астраханской области и данные об этих землях, отраженные на основе данных дистанционного зондирования земель сельскохозяйственных угодий, полученных с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) «Геоскан 201». Площадь выбранной исследуемой территории-земли сельскохозяйственного назначения составляет 5 583 га.

В качестве территории исследования была выбрана часть территории, расположенная в Приволжском районе Астраханской области. Сельскохозяйственные угодья в Приволжском районе занимают общую площадь 99 107 га. Из этой площади 81 461 га заняты пашнями, 689 га заняты многолетними насаждениями, а 16 957 га заняты природными кормовыми угодьями. Природные кормовые угодья, такие как пастбища, располагаются на землях, которые сложно использовать для ведения сельского хозяйства и обработки.

Беспилотный летающий аппарат (БПЛА), с помощью которого получены данные для исследования, имеет название «Геоскан 201».

БПЛА «Геоскан 201» идеально подходит для оценки состояния земель сельхозназначения благодаря следующим его особенностям:

1. Высокое качество съемки: БПЛА оснащен камерами высокой разрешающей способности, что позволяет получать детальные аэрофотоснимки земельного участка сельхозназначения.

2. Большая площадь обзора: благодаря высокой летной скорости и дальности полета, БПЛА способен охватывать большие территории в течение короткого времени.

3. Возможность съемки в различных спектральных диапазонах: «Геоскан 201» может оснащаться различными камерами, включая мультиспектральные и гиперспектральные, что позволяет оценить состояние здоровья растений.

4. Высокая автономность: БПЛА может летать длительное время без посадки благодаря своей максимальной продолжительности полета до 10 часов.

Основные характеристики данного БПЛА включают:

1. Дальность полета: до 500 км.

2. Высота полета: до 5 км.

3. Максимальная продолжительность полета без посадки: до 10 часов.

4. Скорость полета: от 70 до 120 км/ч.

5. Количество и тип сенсоров: может быть оснащен различными камерами высокой разрешающей способности (RGB, ИК, мультиспектральные и гиперспектральные камеры).

Для проведения аэрофотосъемки использовали мультиспектральную камеру Geoscan Pol-lux, которая является комплексным инструментом для оценки состояния сельскохозяйственных земель. Дает возможность создавать индексные карты вегетации и ортофотопланы в естественных цветах. Имеет пять независимых каналов, разрешение 1 440x1 080, 5,2 см/пикс, снимает с высоты 120 м.

Характеристики БПЛА «Геоскан 201» позволяют ему быть эффективным инструментом для мониторинга и оценки земель сельскохозяйственного назначения, что позволяет агрономам и другим специалистам получить полную и точную информацию о состоянии участков и повысить эффективность сельскохозяйственной деятельности.

Территория объекта исследования относится к среднему поясу центральной части дельты и представляет собой современную, преимущественно суглинистую часть волжской дельты, наиболее расчлененную протоками и множеством ильменей, стариц и покоев.

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

Для оценки состояния сельскохозяйственных земель были использованы методы, используемые при дистанционном зондировании земли, а именно метод аэрофотографирования и дешифровка аэрофотоснимков.

Аэрофотосъемка – это метод, в котором использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с высококачественными камерами позволяет получить детализированные ортофотопланы, отображающие поверхность Земли с высокой пространственной разрешающей способностью. Ортофотопланы представляют собой изображения Земли, полученные с помощью специальных программ, которые корректируют и компенсируют искажения изображений, вызванные перспективой съемки.

При анализе ортофотопланов с БПЛА осуществляется визуальное обнаружение, дешифровка и маркировка проблемных участков земельного покрытия сельскохозяйственного назначения.

Дешифровка аэрофотоснимков, полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов, представляет собой мощный и краткосрочный метод для своевременного выявления и отслеживания негативных процессов, влияющих на состояние сельскохозяйственных культур. Эта технология открывает новые горизонты для эффективного мониторинга и защиты урожая. Подобно орлиному глазу, аэрофотоснимки обеспечивают захватывающий обзор обширных сельскохозяйственных угодий. Каждый отдельный пиксель детализированных изображений содержит ценные сведения о состоянии посевов, улавливая даже незначительные изменения в цвете, структуре и плотности растительного покрова.

Благодаря передовым методам дешифровки, специалисты способны распознавать тонкие признаки деградации, которые зачастую остаются незамеченными при наземном осмотре. Участки с пожелтевшей или изреженной растительностью, проявления засухи, следы болезней или вредителей, эрозийные процессы почв – все эти проблемы обнаруживаются с высокой точностью и качеством на аэрофотоснимках [1, 2].

Далее проводится анализ и классификация таких участков с использованием методов машинной обработки, спектральных индексов и других геоинформационных технологий. Такой анализ помогает выявить проблемы и аномалии на земле сельскохозяйственного использования, что позволяет принимать своевременные меры для устранения этих проблем и повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий.

В работе был использован вегетационный индекс растительности GRVI. Индекс растительности – это числовые значения, полученные из спектральных данных дистанционного зондирования спутниковых или аэрофотоснимков, для точной оценки плотности, состояния и распределения растительности на земле, встроенный в растровый слой.

Вегетационные индексы используются в различных областях, таких как дистанционное зондирование, сельское хозяйство, мониторинг окружающей среды и землеустройство, для отслеживания роста растений, их продуктивности и состояния здоровья растений.

Индексы вычисляются на основе коэффициентов отражения света различных длин волн, включая красную, ближнюю инфракрасную (ближнюю ИК) и другие диапазоны [5].

Индекс RGVI (Red Green Vegetation Index) является одним из вегетационных индексов, основанных на анализе спектральных характеристик растительного покрова. Его особенности и преимущества могут быть ключевыми для выбора на данном участке сельскохозяйственных земель [10].

Индекс RGVI для оценки сельскохозяйственных культур нами был выбран не случайно, как отмечают исследователи, данный индекс является полезным индикатором не только фенологии растительности, особенно для окраски листьев, но также нарушений экосистем в целом [7, 8, 9].

Конкретные нормы значений RGVI для различных видов растительности могут быть установлены на основе исследований и наблюдений. В нашем случае для многолетних травянистых культур (например, томаты) оптимальные значения RGVI могут колебаться (табл.) от 0,4 до 0,67, в то время как для лесных участков могут быть характерны значения от 0,7 до 1,0 в зависимости от видового состава древесных пород и состояния леса.

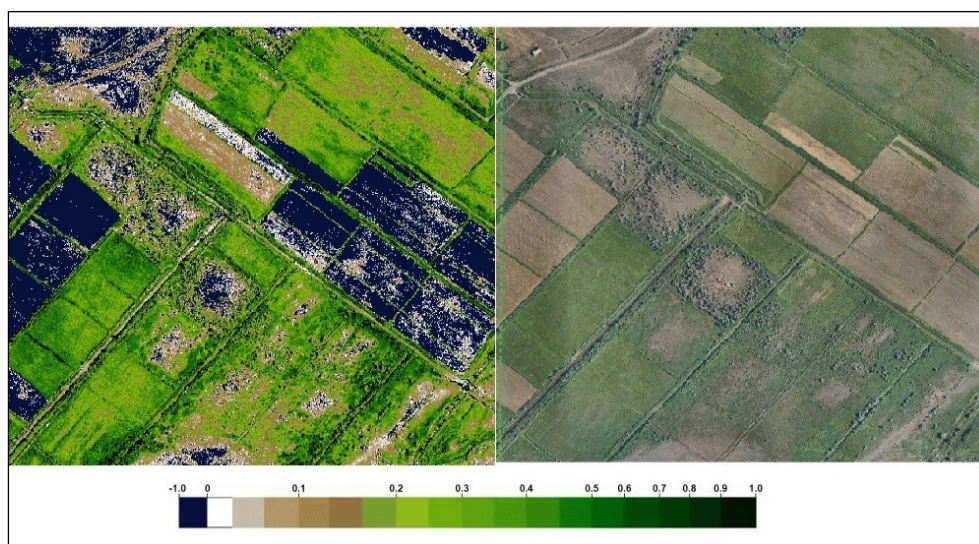


Рисунок 1 – Вегетационный индекс RGVI

Чем выше значение характерного для выбранного участка индекса, тем более здоровые и развитые растения (рис. 1). Наоборот, низкое значение RGVI может указывать на стрессовые условия, заболевания или нехватку питательных веществ у растений.

Таблица – Зависимость типа покрытия от индекса вегетации

Норма RGVI	Тип покрытия
От -0,002 до -0,03	Песок или антропогенное покрытие
От -0,03 до 0,2	Открытая почва
От 0,02 до 0,05	Облако или антропогенное покрытие
От 0,2 до 0,4	Кустарники и пастбища
От 0,4 до 0,67	Скудная и разреженная древесная и кустарниковая растительность, многолетние травянистые культуры.
От 0,67 до 0,8	Мощная и густая растительность (лес)
От 0,8 до 1,0	Очень мощная, густая растительность (тропический или широколиственный лес)

Расчет вегетационного индекса RGVI произведен с помощью калькулятора растров геоинформационного программного обеспечения QGIS версии 3.34.

В ходе исследования использовались RGB-каналы для расчета индекса вегетации RGVI (Red Green Vegetation Index). Этот индекс позволяет количественно оценить вегетационный покров на основе разницы отражения в красном и зеленом диапазонах спектра. В начале работы с ортофотопланами снимки были импортированы в QGIS. Затем, используя калькулятор растров, выполнены следующие шаги:

1. Для каждого пикселя извлекается значение красного (R) и зеленого (G) каналов из ортофотопланов.

2. Затем рассчитывается разность значений между R и G каналами: (R–G).

3. После этого с помощью формулы производится расчет вегетационного индекса (формула 1):

$$GRVI = \frac{p_{green} - p_{red}}{p_{green} + p_{red}} \quad (1)$$

где p_{green} – значение отражательной способности в зеленом спектральном канале;

p_{red} – значение отражательной способности в красном спектральном канале.

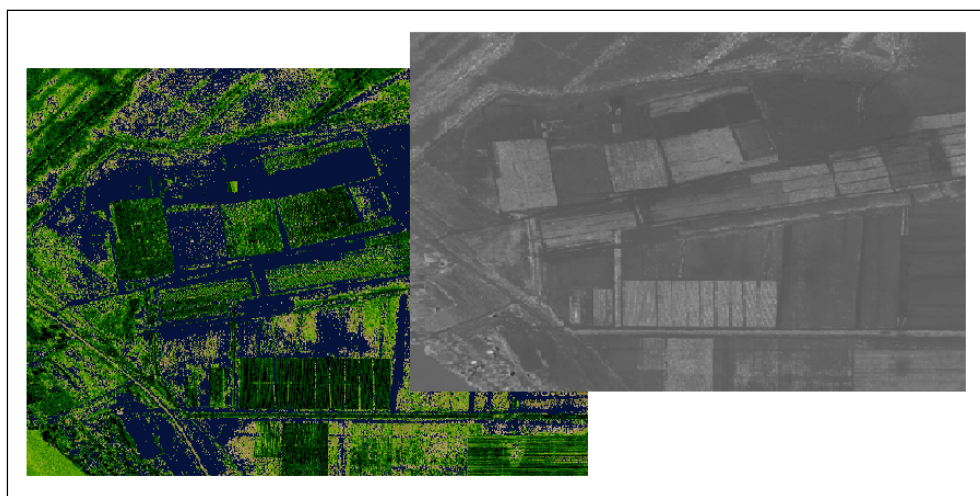


Рисунок 2 – Преобразование растра вегетационного индекса

4. Результирующий растровый слой представляет собой индекс вегетации GRVI, где каждый пиксель имеет значение индекса от –1 до 1 (в зависимости от выращиваемой культуры), для различия пикселей человеческим глазом (рис. 2).

На основании полученных данных с БПЛА можно выявлять и анализировать эрозионные участки полей, контролировать выполнение агротехнических операций и выявлять участки с низким содержанием органического вещества. Эти аспекты помогают принимать правильные решения для предотвращения деградации почвы, улучшения урожайности и поддержания устойчивого развития сельскохозяйственных предприятий.

После анализа аэрофотосъемки можно сделать соответствующие выводы и необходимые рекомендации по выявленным визуальным отклонениям от нормы почв сельскохозяйственного назначения.

Так, например, в ходе визуального осмотра ортофотопланов с использованием программы QGIS нам удалось обнаружить и точно определить местоположение начального проявления процесса водной эрозии и разрушения поверхностного слоя почвы, что позволит оперативно принять меры по ее защите и восстановлению. Такое предупреждение помогает сохранить целостность и качество почвы и предотвратить потери урожая, что является особенно важным для сельскохозяйственных предприятий. Разрушение пахотного слоя может привести к деградации почвы. Результаты осмотра приведены на рисунке 3.

Согласно полученной информации с БПЛА, на рисунке 3 отчетливо виден участок разрушения плодородного слоя почвы возможно вследствие воздействия водной эрозии. На основании этих данных можно сделать соответствующие выводы и применить меры по борьбе с эродированными участками почв.

Для примера оценки эффективности использования расчета вегетационного индекса был выбран участок поля, позволяющий выявить проблемы на момент дешифровки (рис. 4).



Рисунок 3 – Эрозия и разрушение пахотного слоя почвы

Данный участок имеет явные признаки проблемных очагов у растений, что указывает на возможные проблемы с их вегетацией и здоровьем. При визуальном осмотре выявлено, что фермеры проводили регулярный уход за этими растениями, однако, несмотря на это, возможны некоторые проблемы с их развитием. Для более точной оценки эффективности использования расчета вегетационного индекса были проведены операции по измерению вегетационного индекса на этом участке.

Анализ данных выявил различия в значениях вегетационного индекса на участке с проблемными очагами и участках без них. Эти различия позволяют сделать вывод о том, что использование расчета вегетационного индекса может быть эффективным инструментом для мониторинга состояния растений и выявления проблемных зон среди сельскохозяйственных угодий исследуемой территории, отработанные в QGIS, демонстрирующие ситуации, способные решить с помощью расчета вегетационного индекса, а также оценить состояние сельскохозяйственных земель.

На выбранном участке, где применялся индекс вегетации RGVI, его значения варьируются от $-0,03$ до $0,44$. Этот диапазон считается относительно низким для многолетних травянистых сельскохозяйственных посевов.

Для многолетних травянистых сельскохозяйственных посевов, таких как пастбища, луга и сенокосы, ожидаются более высокие значения индекса вегетации, обычно в диапазоне от $0,4$ до $0,6$.

Это объясняется тем, что многолетние травянистые культуры чаще всего имеют густой растительный покров, что приводит к недостаточно высокому поглощению красного света (связанному с фотосинтезом) и высокому отражению ближнего инфракрасного излучения. Таким образом, значения RGVI от $0,4$ до $0,6$ являются типичными для здоровых и густых травянистых посевов.

Значения индекса RGVI от $0,4$ до $0,6$ могут быть типичными для здоровых и густых травянистых посевов в определенных условиях, но не стоит полностью полагаться только на этот диапазон. Многое зависит от конкретных культур, их фенологической фазы, условий произрастания и т. д.

При анализе БПЛА или спутниковых снимков важно учитывать не только спектральные индексы, но и визуальную интерпретацию изображений, данные полевых обследований, а также другие источники информации для получения более полной и точной картины состояния посевов. Современные методы машинного обучения и компьютерного зрения позволяют извлекать информацию из изображений более тонко и сложно, чем просто использование пороговых значений индексов. Эти подходы могут лучше учитывать разнообразие ситуаций на полях.

При мониторинге посевов важно проводить многовременный анализ, отслеживая динамику изменения вегетационных индексов и других параметров на протяжении вегетационного периода.

Низкие значения RGVI, наблюдаемые на выбранном участке, могут указывать на низкую плотность растительного покрова или значительные просветы между растениями, недостаточное развитие биомассы из-за неблагоприятных условий (засуха, нехватка питательных веществ и т.д.), присутствие нездоровой, стрессовой или изреженной растительности, влияние сельскохозяйственных операций (скашивание, вспашка и т. д.) на время съемки.



Рисунок 4 – Участок применения индекса RGVI

В результате проведения расчета индекса вегетации (RGVI) на экспериментальном участке можно отметить, что значительная часть растений имеет значения индекса в диапазоне 0,39–0,43, что свидетельствует о недостаточном для нормы (0,4–0,6) вегетации растений данных типов посевов.

На изображении (рис. 4) наблюдается значительное количество растений с плохой вегетацией, что указывает на наличие некоторых проблем в росте и развитии растительного покрова на данном участке.

При визуальном осмотре с высоты птичьего полета участок выглядит зеленым и здоровым, без явных признаков проблем. Однако, применив индекс вегетации, можно заметить различия в степени вегетации на данном участке.

Осмотрев ортофотоплан экспериментального участка (рис. 4), без применения вегетационного индекса, растения кажутся зелеными и здоровыми, после применения RGVI наглядно видно, что некоторые растения имеют плохую вегетацию, что требует дополнительного внимания и возможных мероприятий для улучшения состояния растительного покрова.

Результаты исследования использования вегетационного индекса на данном участке позволяют сделать следующие выводы о почвах на данном участке сельскохозяйственных посевов:

1. Неравномерное внесение удобрений в почву: анализ вегетационного индекса показал различия в росте растений на различных участках, что может указывать на неравномерное распределение удобрений. Это приводит к разнообразным ростовым отклонениям у различных культур и может негативно сказываться на урожайности.

2. Недостаточное внесение удобрений: сниженные значения вегетационного индекса на некоторых участках могут свидетельствовать о недостаточном количестве питательных веществ в почве. Это может стать причиной низкой урожайности и неэффективного использования удобрений.

Рекомендации по улучшению: на основании выявленных результатов исследования рекомендуется провести более тщательный анализ состава почвы, корректировать дозировку удобрений и улучшить их равномерное распределение по участку. Это поможет оптимизировать процесс удобрения, снизить затраты и повысить урожайность культур.

Использование данных дистанционного зондирования Земли дает возможность более эффективно управлять землями сельскохозяйственного назначения.

Использование дистанционного зондирования Земли для оценки состояния земель сельскохозяйственного назначения, несомненно, представляет собой незаменимый инструмент для первичной оценки состояния почв сельскохозяйственных угодий, так как для получения полной и точной картины требуется дополнительное проведение лабораторных исследований, которые могут углубить наше понимание факторов, влияющих на качество почв.

Список литературы

1. Li W., Chen R., Ma D., Wang C., Yang Y., Wang C., Yin G. Tracking autumn photosynthetic phenology on Tibetan plateau grassland with the green-red vegetation index // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2023. Vol. 339. P. 109573. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109573>.
2. Motohka T., Nasahara K. N., Oguma H., Tsuchida S. Applicability of Green-Red Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Phenology // *Remote Sens.* 2010. № 2. P. 2369–2387. <https://doi.org/10.3390/rs2102369>.
3. Pettorelli N., Vik J. O., Mysterud A., Gaillard J. M., Tucker C. J., Stenseth N. C. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change // *Trends Ecol. Evol.* 2005. № 20. P. 503–510.
4. Stockli R., Vidale P. L. European plant phenology and climate as seen in a 20 year AVHRR land-surface parameter dataset // *Int. J. Remote Sens.* 2004. Vol. 25. P. 3303–3330.
5. Барталев С. А., Егоров В. А., Жарко В. О., Лупян Е. А., Плотников Д. Е., Хвостиков С. А., Шабанов Н. В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. Москва: ИКИ РАН, 2016. 208 с.
6. Буланов К. А., Денисов П. В., Лупян Е. А., Мартянов А. С., Серда И. И., Трошко К. А., Толпин В. А., Барталев С. А., Хвостиков С. А. Блок работы с данными дистанционного зондирования Земли Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2019. Т. 16, № 3. С. 171–182.
7. Васильев С. М., Домашенко Ю. Е., Митяева Л. А., Ляшков М. А., Матвиенко А. О., Глушченко Ю. Ю. Обзор основных методов и способов оценки нарушенных земель сельскохозяйственного назначения с использованием данных дистанционного зондирования. Новочеркасск: Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, 2018. 65 с.
8. Герасимова М. И., Караваева Н. А., Таргульян В. О. Деградация почв: методология и возможности картографирования // *Почвоведение*. 2000. № 3. С. 358–366.
9. Курбанов Л. К., Литвинов М. А., Фокин А. М. Программное обеспечение для обработки мультиспектральных данных и оцифровки полей // *Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт*. 2021. № 11. С. 3–6.
10. Лупян Е. А., Балашов И. В., Бурцев М. А., Ефремов В. Ю., Кашницкий А. В., Кобец Д. А., Крашенникова Ю. С., Мазуров А. А., Назиров Р. Р., Прошин А. А., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А., Флитман Е. В. Создание технологий построения информационных систем дистанционного мониторинга // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2015. Т. 12, № 5. С. 53–75.

References

1. Li W., Chen R., Ma D., Wang C., Yang Y., Wang C., Yin G. Tracking autumn photosynthetic phenology on Tibetan plateau grassland with the green-red vegetation index. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2023;339:109573. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109573>.
2. Motohka T., Nasahara K. N., Oguma H., Tsuchida S. Applicability of Green-Red Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Phenology. *Remote Sens.* 2010;2:2369–2387. <https://doi.org/10.3390/rs2102369>.
3. Pettorelli N., Vik J. O., Mysterud A., Gaillard J. M., Tucker C. J., Stenseth N. C. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends Ecol. Evol.* 2005;20:503–510.
4. Stockli R., Vidale P. L. European plant phenology and climate as seen in a 20 year AVHRR land-surface parameter dataset. *Int. J. Remote Sens.* 2004;25:3303–3330.
5. Bartalev S. A., Egorov V. A., Zharko V. O., Lupyan E. A., Plotnikov D. E., Khvostikov S. A., Shabanov N. V. *Satellite mapping of the vegetation cover of Russia*. Moscow: IKI RAS; 2016:208 (In Russ.).
6. Bulanov K. A., Denisov P. V., Lupyan E. A., Martyanov A. S., Sereda I. I., Troshko K. A., Tolpin V. A., Bartalev S. A., Khvostikov S. A. Block of work with Earth remote sensing data of the Unified Federal Information System on Agricultural Lands. *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2019;16:3:171–182 (In Russ.).
7. Vasiliev S. M., Domashenko Yu. E., Mityaeva L. A., Lyashkov M. A., Matvienko A. O., Glushchenko Yu. Yu. *Review of the main methods and methods for assessing disturbed agricultural lands using remote sensing data*. Novochechassk: Russian Scientific Research Institute of Land Reclamation Problems; 2018:65 (In Russ.).
8. Gerasimova M. I., Karavaeva N. A., Targulyan V. O. Soil degradation: methodology and possibilities of mapping. *Soil Science*. 2000;3:358–366 (In Russ.).
9. Kurbanov L. K., Litvinov M. A., Fokin A. M. Software for processing multispectral data and digitizing fields. *Agricultural Machinery: Maintenance and Repair*. 2021;11:3–6 (In Russ.).
10. Lupyan E. A., Balashov I. V., Burtsev M. A., Efremov V. Yu., Kashnitsky A. V., Kobets D. A., Krascheninnikova Yu. S., Mazurov A. A., Nazirov R. R., Proshin A. A., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A., Flitman E. V. Creation of building technologies information systems of remote monitoring. *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2015;12;5:53–75 (In Russ.).

Информация об авторах

Столярова Е. М. – кандидат географических наук, доцент;
Сорокин А. П. – кандидат биологических наук, доцент;
Бурукина Е. А. – старший преподаватель;
Занозин В. В. – кандидат географических наук, доцент.

Information about the authors

Stolyarova E. M. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Sorokin A. P. – Candidate of Sciences (Biological), Associate Professor;
Burukina E. A. – Senior Lecturer;
Zanozin V. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate 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.

Статья поступила в редакцию 14.01.2025; одобрена после рецензирования 27.01.2025; принята к публикации 11.02.2025.

The article was submitted 14.01.2025; approved after reviewing 27.01.2025; accepted for publication 11.02.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 91–102.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):91–102 (In Russ.).

Научная статья

УДК 54.061:062:064

<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.013>

ЧАСТИЦЫ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДАХ И ПОЧВАХ КАВКАЗА

Агоева Элеонора Анатольевна^{1, 2✉}, Ламашвили Людмила Сайрамбаевна^{1, 2}, Хаширова Светлана Юрьевна², Агоев Амирхан Адмирович³

¹Кабардино-Балкарский государственный высокогорный заповедник, Нальчик, Россия

²Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия

³МКОУ СОШ № 7, Нальчик, Россия

^{1, 4}eleonora_agoeva@mail.ru ✉

²luki-786.90@mail.ru

³sveta_daova@mail.ru

Аннотация. Объектом изучения стали речные водосборы, истоки которых расположены на северном склоне Центрального Кавказа, которые, перетекая в равнинные области западной части Кабардино-Балкарской Республики, являются источником их питания, а также почва, расположенная в данных районах. Районами исследований стали Верхне-Балкарский и Черекский. Таким образом, исследования охватили все геоморфологические зоны Кабардино-Балкарской Республики – высокогорную, горную, предгорную и равнинную. Целью исследования стало изучение макросостава водных и почвенных образцов и содержания в них частиц микропластика. В ходе проведенных исследований было определено следующее: величины pH, УЭП и наличие микропластика в водных и почвенных образцах характеризуются пространственно-временным увеличением их содержания. Также определено, что размер частиц микропластика в различных геоморфологических зонах Кабардино-Балкарской Республики различается, причем здесь выявлена отрицательная корреляция в пространственно-размерной зависимости в водных образцах, т. е. чем выше водосбор, тем мельче размер частиц микропластика, что предположительно связано с особенностями высокогорных водосборов. Для почвенных образцов данной зависимости не выявлено. Исследование содержания микропластика в Кавказском регионе проводится впервые.

Ключевые слова: Кавказ, макросостав вод и почв, частицы, микропластик

Для цитирования: Агоева Э. А., Ламашвили Л. С., Хаширова С. Ю., Агоев А. А. Частицы микропластика в водах и почвах Кавказа // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 91–102. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.013>.

MICROPLASTIC PARTICLES IN THE WATERS AND SOILS OF THE CAUCASUS

Eleonora A. Agoeva^{1, 2✉}, Lyudmila S. Lamashvili^{1, 2}, Svetlana Yu. Hashirova², Amirkhan A. Agoev³

¹Kabardino-Balkarian State High Mountain Reserve, Nalchik, Russia

²Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, Russia

³MKOU Secondary School № 7, Nalchik, Russia

^{1, 4}eleonora_agoeva@mail.ru ✉

²luki-786.90@mail.ru

³sveta_daova@mail.ru

Abstract. The object of the study was the river catchments, the sources of which are located on the northern slope of the Central Caucasus, which flow into the flat areas of the western part of the Kabardino-Balkarian Republic are the source of their nutrition, as well as the soil located in these areas. The research areas were Verkhne Balkarsky and Chereksky. Thus, the research covered all the geomorphological zones of the Kabardino-Balkarian Republic – alpine, mountainous, foothill and plain. The aim of the study was to study the composition of water and soil samples and the content of microplastic particles in them. In the course of the conducted studies, the following was determined: the values of pH, UEP and microplastic content in aquatic and soil samples are characterized by a spatiotemporal increase in their content. It was also determined that the particle size of microplastics differs in different geomorphological zones of the Kabardino-Balkarian Republic, and here a negative correlation was found in the spatial and dimensional dependence in aquatic samples, i.e. the higher the catchment, the smaller the particle size of microplastics, which is presumably due to the characteristics of high-altitude catchments. This dependence was not revealed for soil samples. The study of the microplastic content in the Caucasus region is being conducted for the first time.

© Агоева Э. А., Ламашвили Л. С., Хаширова С. Ю., Агоев А. А., 2025

Keywords: Caucasus, macro-composition of waters and soils, particles, microplastics

For citation: Agoeva E. A., Lamashvili L. S., Hashirova S. Yu., Agoev A. A. Microplastic particles in the waters and soils of the Caucasus. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):91–102. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.013> (In Russ.).

Введение

На сегодняшний день глобальной проблемой человечества, наряду с изменением климата, стало нарастающее количество частиц микропластика в объектах окружающей среды, причиной которой стало интенсивное развитие химической, и в частности полимерной, промышленности, приведшее к увеличенной нагрузке на биосферу в целом. Так, стало известным, что в 2019 г. в мире было произведено около 370 млн т различного типа пластика [11].

Частицы микропластика формируются в ходе физико-химических и биологических процессов, приводящих к фрагментации пластикового мусора.

Так, полимерные отходы принято классифицировать не только по размерам, но и по источникам. В соответствии с размерами распадающиеся полимеры классифицируются как мегапластики (размер более 100 мм), макропластики (20–100 мм), мезопластики (5–20 мм) и микропластики (< 5 мм). Частицы микропластика представляют потенциально самую большую экологическую опасность для окружающей среды [7, 10].

Полимерные отходы по источникам появления можно разделить на первичные и вторичные микропластики. К первичным относятся любые пластиковые фрагменты размером 5,0 мм и менее до попадания в окружающую среду. Источниками являются микроволокна одежды, пластиковые гранулы, очищающие средства и т. п.

Вторичными микропластиками являются полимерные отходы, образующиеся в результате разрушения крупного мусора. Это частички пластика, которые подвергаются процессам фрагментации или фотодеградациии как в море, так и на суше. Источниками этого типа микропластика являются продукты распада пластиковых пакетов, одноразовой посуды, питьевых бутылок и т. п. [9–10]. По мере своего передвижения в биосфере частицы микропластика становятся переносчиками на своей поверхности различных поллютантов, становясь тем самым их вторичным источником [5, 8].

Цель, объекты, задачи. Целью исследования стало изучение макросостава водных и почвенных образцов и содержания в них частиц микропластика.

Объектом изучения стали речные водосборы, истоки которых расположены на северном склоне Центрального Кавказа, которые, перетекая в равнинные области западной части Кабардино-Балкарской республики (КБР), являются источником их питания, а также почва, расположенная в данных районах. Районами исследований стали Верхне-Балкарский и Черекский, а водосборами – реки Черек Балкарский и Черек. Таким образом, исследования охватили все геоморфологические зоны КБР – высокогорная, горная, предгорная и равнинная.

Река Черек-Балкарский расположена на северном склоне Центрального Кавказа от слияния двух рек Дыхсу и Карасу. Длина реки составляет 54 км. Источник питания – дождевой и ледниковый. Ниже слияния этих двух рек в р. Черек Балкарский впадает несколько притоков, начинающихся на Боковом хребте. В районе Центральной депрессии р. Черек Балкарский поворачивает на северо-восток и вступает в пределы Бокового хребта, где располагается с. Верхняя Балкария.

Бассейн р. Черек является правым притоком Баксана. Длина реки – 79 км, площадь бассейна – 3 070 км². Длина р. Черек равна 46 км, и образуется она от слияния р. Черек Балкарский и Черек Безенгийский у с. Бабугент. Источником питания р. Черек является снеговое и ледниковое. На равнине р. Черек образует реки: Урвань, Белая Речка, Старый Кахун. Населенными пунктами на р. Черек являются следующие: Бабугент, Кашхатау, Зарагж, Аушигер, Псыгансу, Старый Черек, Нижний Черек, Псынабо, Майский [4, 6].

Ранее нами были проведены исследования гидрологических и метеорологических параметров изучаемых районов [1–3].

Как известно, оценка загрязнения частицами микропластика включает следующие методологические этапы: отбор проб, экстракцию частиц, количественную оценку и химическую идентификацию, и каждый из этапов является индивидуальным в зависимости от объекта исследований.

В задачи наших исследований входила разработка принципиально новых подходов для реализации части методологических этапов при работе с водными и почвенными объектами, в частности с микропластиком, а именно:

- определение пунктов отбора проб и наглядное их отображение на карта-схеме в программе Аксиома 5;
- разработка методики отбора водных проб на реках с большим количеством обломочного материала в виде камней, песка и скоростями течения. В связи с этим этап отбора проб на данных водосборах представляет собой сложную, но, как показали наши исследования, решаемую задачу;

- разработка методики по экстракции частиц микропластика из водных и почвенных образцов;
- определение величин pH и удельной электрической проводимости (УЭП) в водных (зимняя межень, ледниковое половодье) и почвенных образцах (до вегетации и после вегетации), а также выявление пространственных и временных их изменений;
- выявление корреляционных связей изучаемых величин pH, УЭП и количества частиц микропластика в водных и почвенных образцах;
- выявление пространственных и временных изменений в содержании частиц микропластика в водных и почвенных образцах;
- проведение количественного выявления частиц микропластика из водных и почвенных образцов путем подсчета с использованием микроскопии на сканирующем электронном микроскопе – Tescan VEGA3LMN с EDX микрозондом для химического анализа и микроскопе биологическом – XSP 104;
- качественная идентификация выявленных частиц микропластика в водных и почвенных образцах с помощью ИК-спектрометра Perkin Elmer.

Методология и методы анализа. Исследования проводились в соответствии с существующими нормативными документами, допущенными к использованию при мониторинге объектов окружающей среды. Отбор, предварительная обработка, хранение водных и почвенных образцов осуществляли согласно ГОСТ Р 59024-2020, РД 52.24.353-2012 и ГОСТ 17.4.4.02-84. В процессе подготовки мутных проб к анализу использовали метод центрифугирования на центрифуге лабораторной UC-4000E. Водородный показатель (pH) в водных и почвенных образцах измеряли на pH-метре-ионере Эксперт-0013.01 потенциометрическим методом согласно ПНД Ф 14.1:2.3:4.121-97 (Изд. 2018) и ГОСТ 26423-85. УЭП измеряли кондуктометрическим методом согласно руководству, паспорту прибора кондуктометра Эксперт-002-2-6-н, а также ГОСТ 26423-85. Для выявления корреляционной взаимосвязи состава исследуемых водных и почвенных образцов отбор проб геолокационно проходил приблизительно друг к другу.

Отбор проб водных образцов для определения частиц микропластика плавающего в верхнем слое воды проводился с береговой зоны, при помощи пробоотборника с диаметром ячеек, равном 0,067 мм. Ввиду того, что плотность большинства полимеров меньше плотности воды, они остаются на ее поверхности за счет минимальных размеров, исключения составляют только такие полимеры, как нейлон-6, ПЭТФ, полиэстер и ПВХ, которые опускаются в нижний слой воды за счет более высокой плотности [5].

Процесс анализа проб почвенных образцов включал в себя следующие стадии: просеивание, сушка, жидкое окисление в перекиси водорода, плотностное разделение (флотация), визуальная сортировка с помощью микроскопа. Операции просеивания производятся несколько раз при выполнении каждого анализа.

Отбор смешанных почвенных образцов нами проводился с использованием металлического пробоотборника. Ввиду того, что официальных методов пробоподготовки и количественного определения содержания частиц микропластика в почвенных образцах нет, нами разработана методика пробоподготовки почвенных образцов, состоящая из следующих этапов:

1. Почва предварительно просеивается через сито с диаметром ячеек 5 мм для удаления веточек, палочек и крупного пластика.
2. Высушивается до воздушно-сухого состояния.
3. Отбираются три пробы каждого образца по 50 г и помещаются в сухие чистые плоскодонные колбы на 500 мл.
4. Добавляется раствор в объеме 200 мл 8M NaCl 200 или 5M ZnCl₂.
5. Растворы взбалтываются в течение 1 минуты, после взбалтывания их оставляют на 12 часов для разделения по плотности.
6. На следующий день верхняя фаза (примерно половина раствора) аккуратно переносится в плоскодонные колбы на 250 мл и отстаивается еще 12 часов.
7. Повторение пункта 6.
8. Добавляется 20 мл H₂O₂ (30 %), при использовании ZnCl₂ добавляется HNO₃ (5–6 капель) для растворения выпавшего осадка.
9. Оставляем раствор на 24 часа для окисления органики.
10. Проводится финальное разделение по плотности в выделительных воронках.
11. Проводится фильтрование через окрашенный фильтр размером 0,45 мкм в вакуумной установке.

Завершающим этапом идентификации частиц микропластика в водных и почвенных образцах является микроскопический и ИК-спектрометрический метод анализа.

При визуальном анализе для определения частиц микропластика придерживались следующих правил:

- 1) учитывали частицы, отличающиеся по цвету от органических остатков;
- 2) учитывали частицы, имеющие равномерную окраску;
- 3) учитывали частицы, не имеющие клеточной или выраженной регулярной структуры и по тесту на горячую иглу.

Результаты проведенных исследований представлены в виде таблиц и гистограмм (табл. 1–2, рис. 1–6).

Таблица 1 – Пункты отбора проб водных и почвенных образцов

№	Водный объект, высота над уровнем моря, м
1	р. Черек Балкарский, после слияния притоков р. Дыхсу и Карасу, 1667
2	р. Черек Балкарский, 1388
3	р. Черек Балкарский, 1161
4	р. Черек Балкарский, 1110
5	р. Черек Балкарский, 850
6	г.п. Кашхатау, 847
7	с. Аушигер, 617
8	с.п. Старый Черек, 385
9	с.п. Нижний Черек, 309

Научная новизна. Исследование величины УЭП для ледникового периода и содержание частиц микропластика в водных и почвенных образцах Верхне-Балкарского и Черекского районов КБР проводятся впервые.

Практическая ценность и актуальность. Уникальность и разнообразие природно-климатических ресурсов различных геоморфологических зон Северо-Кавказского федерального округа создают благоприятные условия для развития туристско-рекреационного комплекса, оказывающего негативное влияние на окружающую природную среду, в том числе и на состав исследуемых поверхностных вод и почв. Ввиду этого знание макросостава водных и почвенных образцов, а также содержание частиц микропластика позволит в дальнейшем прогнозировать и предотвращать риски воздействия на окружающую среду.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследований за составом водных и почвенных образцов исследуемых районов было выявлено следующее (табл. 2, рис. 2–3).

pH в водах р. Черек Балкарский и Черек изменялся незначительно – в пределах от 7,7 до 8,5 ед. в зимнюю межень и ледниковое половодье. Максимальные значения *величины pH водных образцов* выявлены в устьевой области р. Черек, равные 8,4 ед. в межень и 8,5 ед. в половодье, что относит исследуемые воды к щелочным. Среднее значение pH исследуемых рек в зимних водах составляло 8,2 ед., а в летних – 8,0 ед. Пространственно-временное изменение величины pH характеризуется увеличением в 1,1 раза от истока к устью как в межень, так и в половодье. Таким образом, величина pH речных вод носит щелочной характер и мало отличается в разные фазы гидрологического режима.

Величина pH почвенных образцов бассейнов рек Черек Балкарский и Черек изменялась в пределах от 6,1 до 8,5 ед. в до вегетационный период и от 5,6 до 8,1 ед. в послевегетационный период. Таким образом, исследуемые почвенные образцы носят кислотно-щелочной характер.

Среднее значение pH в почвенных образцах составляло 8,5 ед. (до вегетации) и 6,9 ед. (после вегетации). Выявлено пространственное изменение величины pH почвенных образцов, характеризующееся увеличением до- и послевегетационных периодов в 1,3 раза и 1,0 раза соответственно. Временных изменений величины pH почвенных образцов не выявлено.

УЭП в зимних водах р. Черек Балкарский изменялась в пределах от 144,4 до 190 мкСм/см, а в летних – от 77,0 до 215,2 мкСм/см.

Максимальные значения УЭП, равные 190 мкСм/см (зимняя межень) и 215,2 мкСм/см (ледниковое половодье), отмечены для устьевых областей р. Черек. Среднее значение УЭП в зимних водах составляло 162,0 мкСм/см, а в летних – 127,2 мкСм/см. Таким образом, УЭП в зимних водах в 1,3 раза выше, чем в летних. Пространственное изменение величины УЭП характеризуется увеличением: зимний период – в 1,3 раза, в летний – в 2,8 раза.

Величина УЭП почвенных образцов изменялась в пределах от 134 до 215 мкСм/см (до вегетации) и от 152 до 267 мкСм/см (после вегетации).

Максимальные значения УЭП, равные 191 и 215 мкСм/см до вегетации (пункты отбора № 1–2), отмечены для истоковых областей р. Черек Балкарский. Максимальные значения УЭП для периода после вегетации определены в пункте отбора № 5 – устье р. Черек Балкарский (230 мкСм/см) и в с.п. Аушигер (267 мкСм/см).

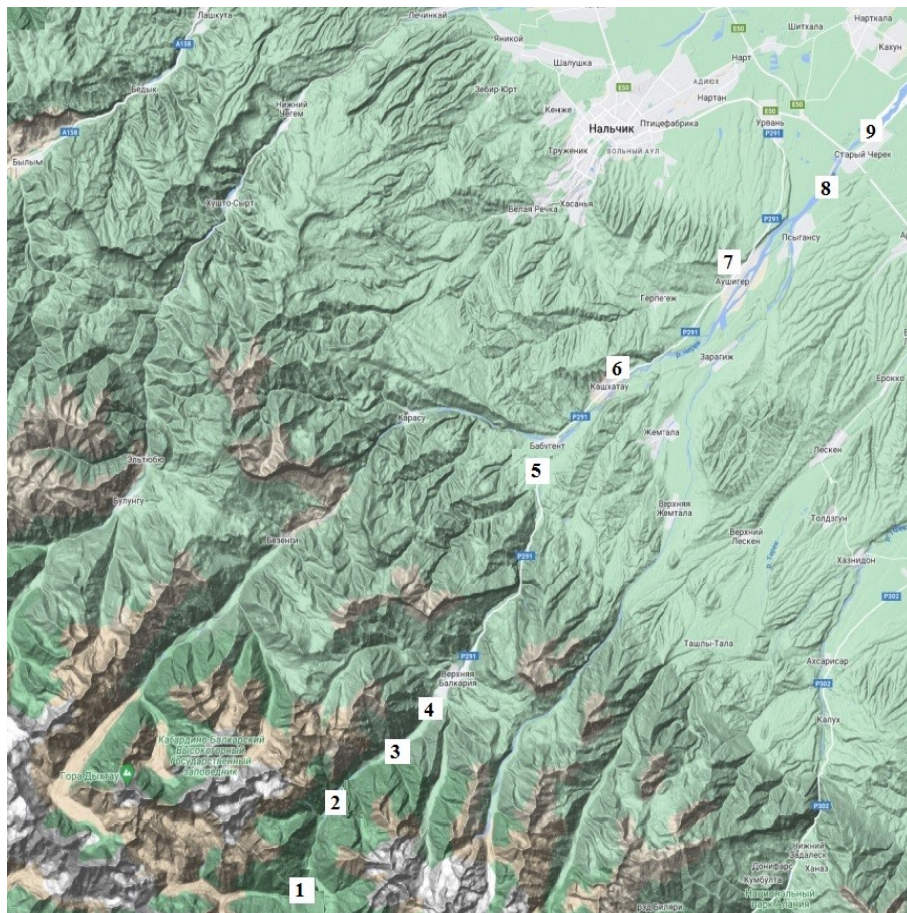


Рисунок 1 – Карта схема пунктов отбора проб

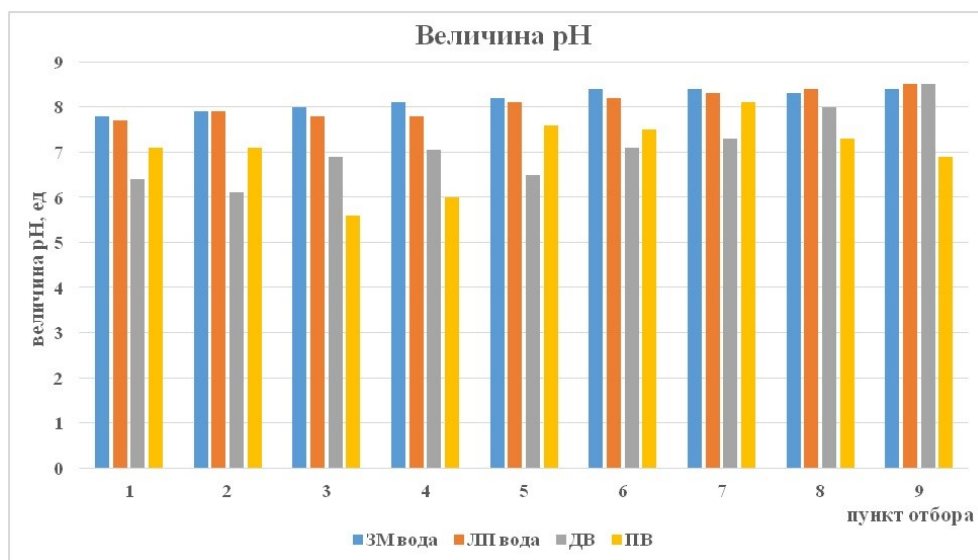


Рисунок 2 – Величина pH водных и почвенных образцов

Средние значения УЭП почвенных образцов в послевегетационный период (200 мкСм/см) в 1,3 раза выше, чем в довегетационный (154 мкСм/см).

Пространственное же изменение величины УЭП характеризуется снижением в 1,3 раза в довегетационный период, на что указывает также и отрицательное значение уравнения регрессии, и в 1,1 раза в послевегетационный.

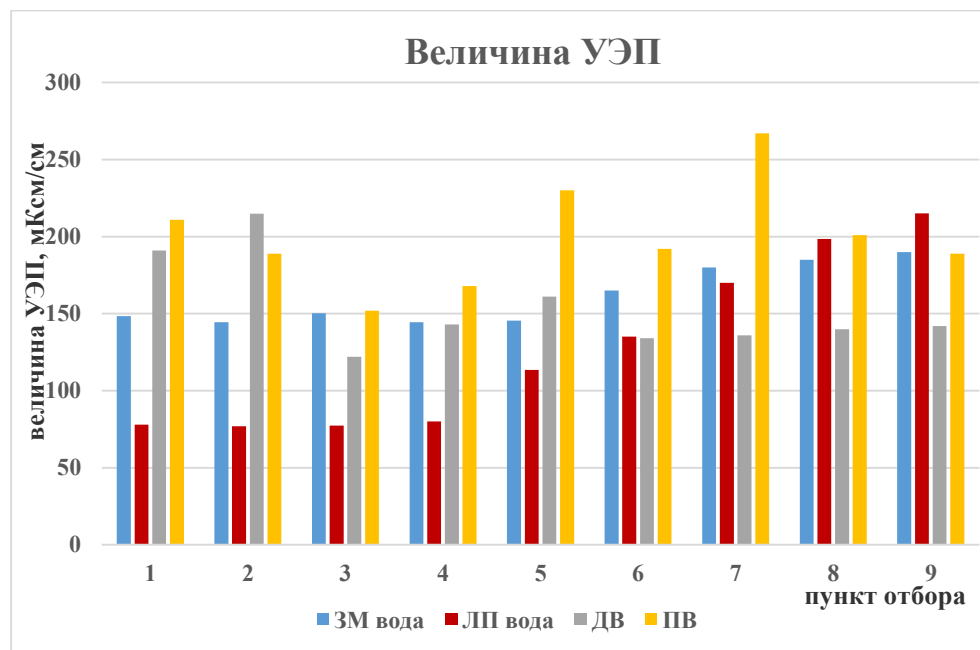


Рисунок 3 – Величина УЭП водных и почвенных образцов

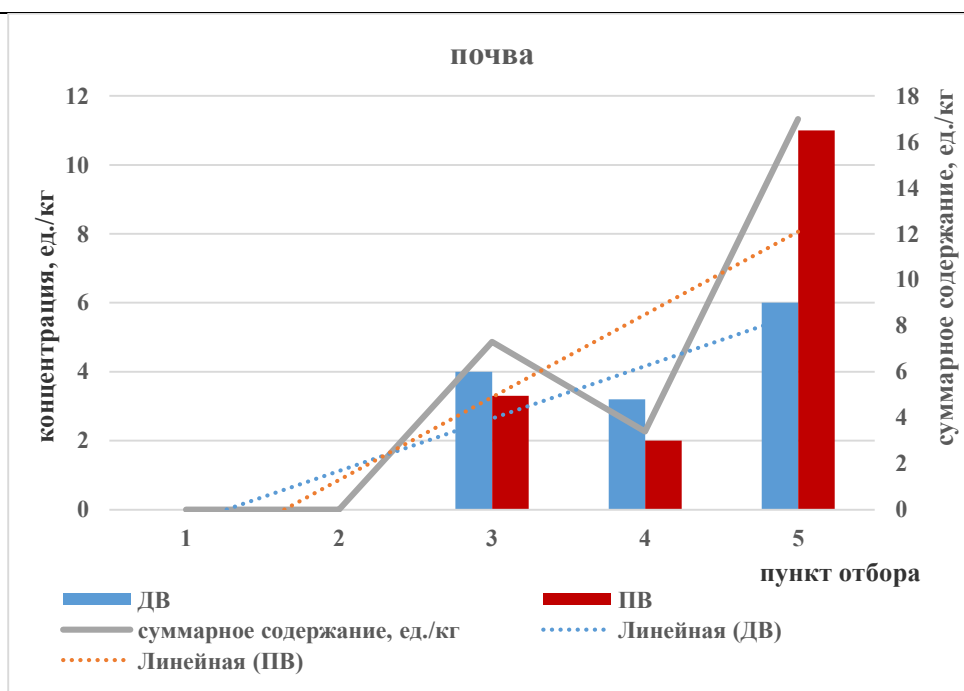
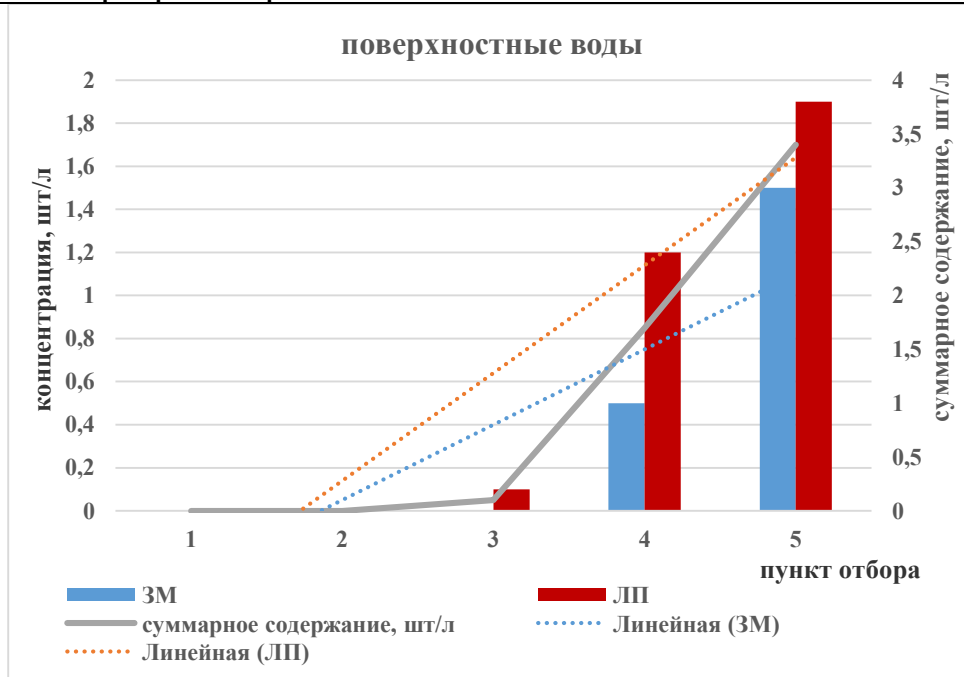
Содержание частиц микропластика

Согласно результатам микроскопических исследований водных образцов (рис. 4, табл. 2), частицы микропластика в *р. Черек Балкарский* впервые визуализируются в зимних водах в 4-м пункте отбора (0,5 шт./л), а в летних – в 3-м (0,1 шт./л). Необходимо отметить, что наблюдается положительная тенденция в пространственно-временном изменении содержания частиц микропластика, что и подтверждает положительное значение уравнения регрессии. Так, содержание микропластика в зимних и летних водах от первых обнаруженных пунктов отбора до устьевых повышается в 3,0 и 19 раз соответственно. Временные изменения содержания частиц микропластика характеризуются повышенным значением его в 1,6 раза в ледниковое половодье. Микроскопический подсчет пространственно-временного суммарного содержания частиц микропластика в зимних и летних водах показал повышение содержания с 0,1 до 3,4 шт./л, т. е. увеличение в 34 раза.

Динамика содержания частиц микропластика в почвенных образцах водосбора *р. Черек Балкарский*, впервые определенная на 3-м пункте отбора проб, составила 4,0 ед./кг (до вегетации) и 3,3 ед./кг (после вегетации) (рис. 4). Выявлено пространственно-временное изменение в содержании частиц микропластика почв в сторону повышения от истока к устью исследуемого водосбора, что и подтверждает положительное значение уравнения регрессии. Так, содержание микропластика в до- и после-вегетационный период изменяется в 1,5 и 3,3 раза соответственно. Временное изменение содержания частиц микропластика характеризуется повышением в после-вегетационный период в 1,2 раза. Микроскопический подсчет пространственно-временного суммарного содержания частиц микропластика до и после вегетации показал повышение содержания с 3,4 до 17 ед./кг, т. е. увеличение в 5,0 раз.

Дальнейшие исследования по выявлению изменения пространственно-временной динамики содержания частиц микропластика в водах бассейна *р. Черек* показали следующее. Пространственное изменение содержания частиц микропластика в зимних водах изменяется от 1,0 до 4,0 шт./л, т. е. повышаясь в 4 раза, а в летних – от 2,0 до 7,0 шт./л, т. е. повышаясь в 3,5 раза. Временная же динамика изменения содержания показала увеличение в 2,3 раза в ледниковое половодье. Микроскопический подсчет пространственно-временного суммарного содержания частиц микропластика в зимних и летних водах показал повышение содержания с 2,0 до 8,0 шт./л, т. е. увеличение в 4 раза.

Бассейн р. Черек Балкарский



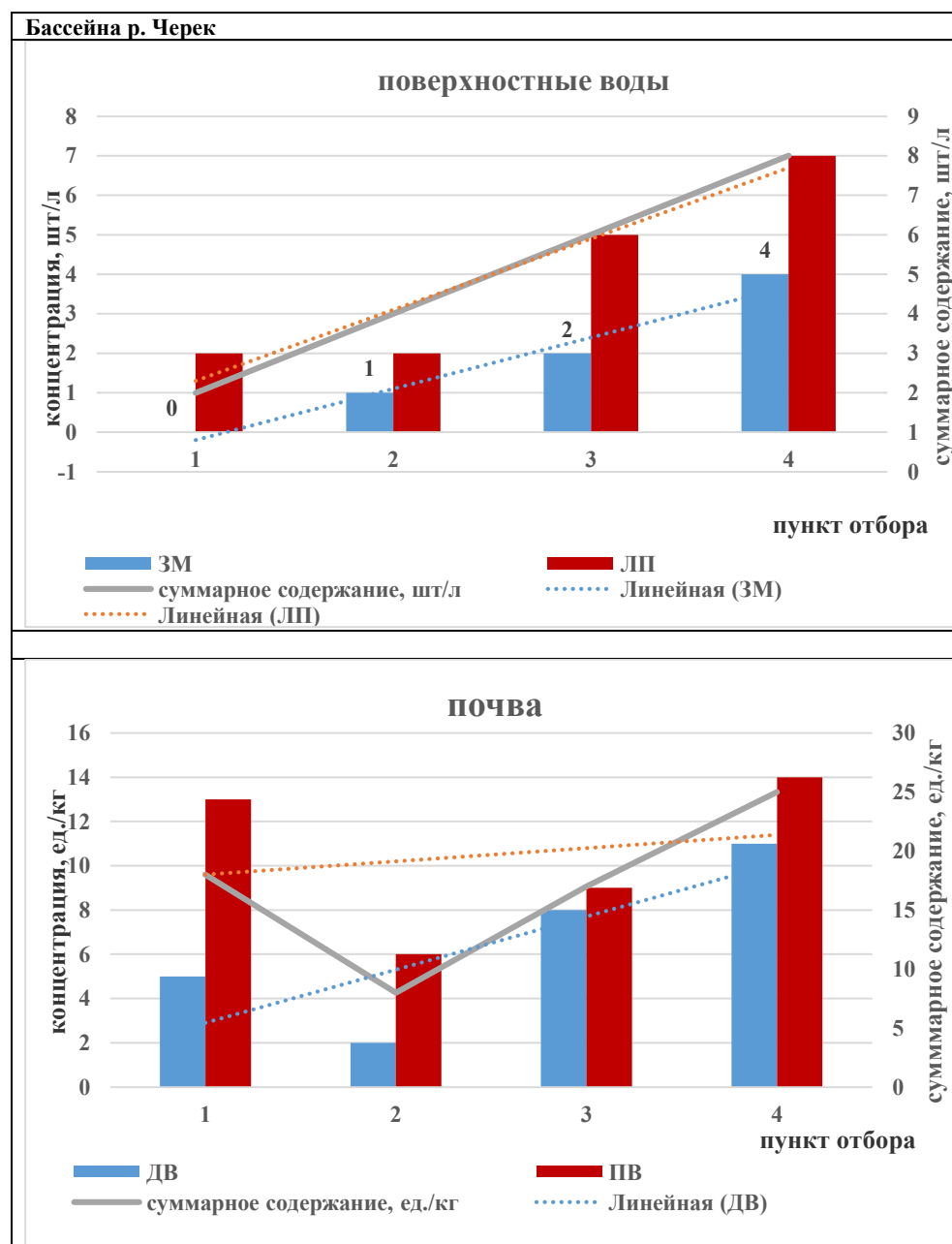


Рисунок 4 – Пространственно-временная динамика распределения частиц микропластика в бассейнах рек Черек Балкарский и Черек

* ФВР – фаза водного режима реки; ЗМ – зимняя межень, ЛП – ледниковое половодье;
 ДВ – до вегетации; ПВ – после вегетации

Содержание частиц микропластика в почвенных образцах водосбора бассейна р. Черек выявлено на первых пунктах отбора и составило 5,0 ед./кг (до вегетации) и 13,0 ед./кг (после вегетации). Определено пространственное изменение в содержании частиц микропластика почв в сторону повышения от истока к устью, что также подтверждает положительное значение уравнения регрессии. Так, повышение содержания частиц микропластика в до- и послевегетационный период составляет в 2,2 и в 1,1 раза соответственно. Временное изменение содержания частиц микропластика характеризуется повышением в послевегетационный период в 1,6 раза. Микроскопический подсчет пространственно-временного суммарного содержания частиц микропластика до и после вегетации показал повышение содержания с 8,0 до 25 ед./кг, т. е. увеличение в 3,1 раза.

Посезонное суммарное содержание частиц микропластика в водных и почвенных образцах на водосборах р. Черек Балкарский и Черек указывает на пространственно-временную изменчивость в их распределении (рис. 5). Так, пространственное изменение суммарного содержания частиц микропластика в водных и почвенных образцах на водосборах р. Черек Балкарский и Черек составляет 20,4 и 33 ед. соответственно, что и подтверждает уравнение регрессии, имеющее положительное значение.

Временная же динамика распределения посезонного суммарного содержания частиц микропластика в почвенных образцах летнего периода указывает на повышенное его содержание по сравнению с водными на водосборе: р. Черек Балкарский – в 1,7 раз и на р. Черек – в 1,8 раз.

Повышенное содержание частиц микропластика в летний период можно объяснить с точки зрения повышения уровня курортно-рекреационного воздействия на районы исследований.

Таблица 2 – Значение уравнения регрессии

Параметр	Уравнение регрессии				
	Бассейн реки	ФВР*	водных образцов	ЭВ*	почвенных образцов
рН, ед.	Черек Балкарский и Черек	ЗМ	$y=0,0783x+7,775$ $R^2=0,8766$	ДВ	$y = 0,2492x+5,8486$ $R^2 = 0,7922$
		ЛП	$y=0,1017x+94$ $R^2=0,918$	ПВ	$y = 0,105x+6,4972$ $R^2 = 0,1351$
ЗМ		$y=6,1333x+130,8$ $R^2=0,7916$	ДВ	$y = -6,7x+187,28$ $R^2 = 0,3666$	
ЛП		$y=19,223x+31,0$ $R^2=0,9033$	ПВ	$y = 3,3667x+183,0$ $R^2 = 0,0744$	
Удельная электрическая проводимость (УЭП), мКсм/см	Черек Балкарский	ЗМ	$y=0,35x-0,65$ $R^2=0,7206$	ДВ	$y = 1,52x-1,92$ $R^2 = 0,8435$
		ЛП	$y=0,5x-0,86$ $R^2=0,83$	ПВ	$y = 2,4x-3,94$ $R^2 = 0,6961$
	Черек	ЗМ	$y=0,2x+0,5$ $R^2=0,1$	ДВ	$y = 2,4x+0,5$ $R^2 = 0,64$
		ЛП	$y=1,8x-0,5$ $R^2=0,9$	ПВ	$y = 0,6x+9$ $R^2 = 0,0439$

Примечание. *ФВР – фаза водного режима реки.

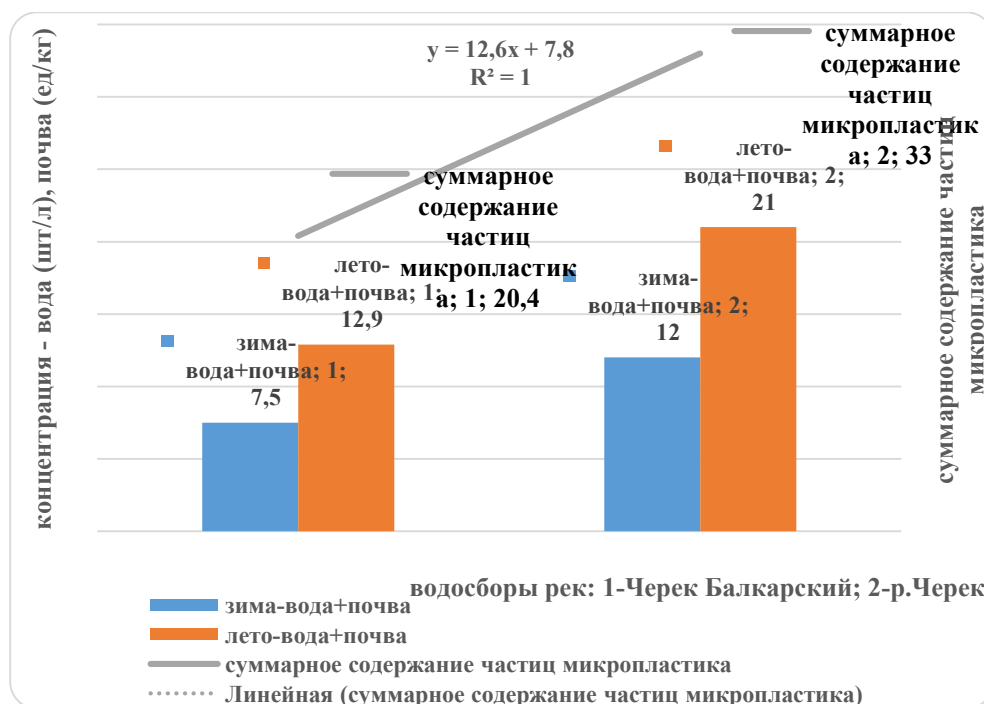


Рисунок 5 – Посезонное суммарное содержание частиц микропластика в водных и почвенных образцах водосборов р. Черек Балкарский и Черек

Качественная и количественная идентификация выявленных частиц микропластика в водных и почвенных образцах нами проводилась с помощью ИК-спектрометра Perkin Elmer и сканирующего электронного микроскопа Tescan VEGA3LMH с EDX (рис. 6).

Как было отмечено выше, основополагающим фактором распределения частиц микропластика в толще воды является плотность воды и микропластика.

Так, в ходе анализа водных и почвенных образцов нами выявлены следующие виды пластика: полиэтилен, полипропилен, полиэстер и синтетические нити.

Микроскопические исследования водных и почвенных образцов показали, что частицы микропластика представлены в форме волокон различной длины и окраски (белая, прозрачная, черная, желтая и пр.), а также единичных прозрачных пленок.

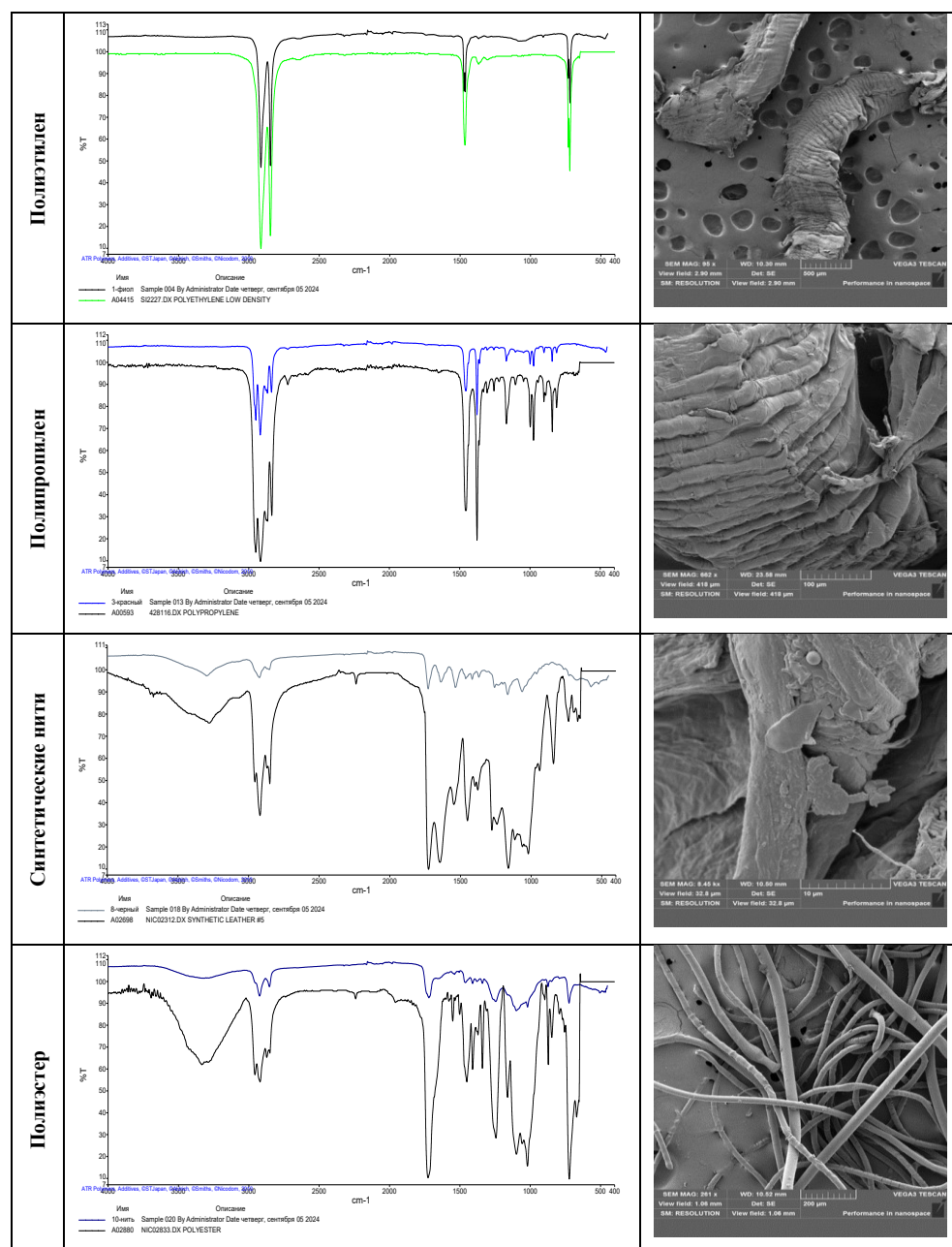


Рисунок 6 – ИК-спектры и фото частиц микропластика в водных и почвенных образцах

Найденные частицы были классифицированы по форме на четыре группы: микрофрагменты, микропленки, микрогранулы, микроволокна. Все найденные частицы были размером от 0,1 до 5 мм. В предгорной и равнинной зонах выявлены микрофрагменты пленки, гранула, а в высокогорной зоне – полиэстер и ПЭТ в наибольшем количестве, что обусловлено курортно-рекреационной нагрузкой на район исследований.

Заключение

Таким образом, проведенные нами исследования охватили все геоморфологические зоны КБР – высокогорная, горная, предгорная и равнинная, в ходе которых выявлено следующее:

1. Величины рН и УЭП водных и почвенных образцов характеризуются пространственно-временным изменением в сторону увеличения их значений, кроме УЭП до вегетационного периода почв, для которых отмечено отрицательное значение уравнения регрессии, т. е. снижение величины от высокогорий к равнине.

2. Посезонное суммарное содержание частиц микропластика в водных и почвенных образцах на водосборах р. Черек Балкарский и Черек указывает на пространственно-временную изменчивость в их распределении в сторону увеличения, на что указывают положительные уравнения регрессии.

3. Микроскопические исследования размеров частиц микропластика в различных геоморфологических зонах КБР показал изменения в пространственно-размерной зависимости, т. е. чем выше водосбор, тем мельче размер частиц, что предположительно связано с большими скоростями течения высокогорных частей рек и обилием обломочного материала в виде валунов, камней, песка и т. д., что приводит к измельчению частиц микропластика. Для почвенных образцов данной зависимости выявлено не было.

4. Корреляционный анализ (коэффициент корреляции Пирсона) численности жителей исследуемых геоморфологических зон КБР и количества частиц микропластика выявил положительную зависимость, т. е. содержание частиц увеличивается с высокогорной в равнинную зону.

Проведение дальнейших исследований расширит ареал объектов проводимых нами исследований по выявлению частиц микропластика в объектах окружающей среды.

Список литературы

1. Andrady A. L. The plastic in microplastics: a review // *Marine Pollution Bulletin*. 2017. Vol. 119. P. 12–22.
2. Barnes D., Galgani F., Thompson R., Barlaz M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments // *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2009. № 364. P. 1995–1998. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>.
3. Campanale C., Massarelli C., Savino I., Locaputo V., Uricchio V. F. A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17. P. 1212.
4. Hosseini R., Sayadi M., Aazami J., Savabieasfehiani M. Accumulation and distribution of microplastics in the sediment and coastal water samples of Chabahar Bay in the Oman Sea, Iran // *Marine Pollution Bulletin*. 2020. Vol. 160. P. 111682. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111682>.
5. Li C., Gan Y., Zhang C., He H., Fang J., Wang L., Wang Y., Liu Y. Microplastic communities in different environments: Differences, links, and role of diversity index in source analysis // *Water Research*. 2020. Vol. 188. P. 116574. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116574>.
6. Plastics – the Facts 2020 // *Plastics Europe*. 2020. URL: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2020>.
7. Агоева Э. А. Параметры объектов окружающей среды Кавказского региона в аспекте глобальных климатических изменений // *Геоэкология, география и глобальная энергия*. 2023. № 2 (89). С. 68–78. DOI: 10.54398/20776322_2023_2_68.
8. Бозиева Ж. Ч., Агоева Э. А., Газаев М. А. Изменение приземной температуры воздуха и суммы выпавших осадков в Верхне-Балкарском ущелье // *Вестник Забайкальского государственного университета*. 2019. Т. 25, № 8. С. 14–23. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-8-14-23.
9. Газаев Х.-М. М., Агоева Э. А., Иттиев А. Б. Содержание железа в ледниковых водах Центрального Кавказа // *Вестник ВГУ*. 2018. № 3. С. 30–35. DOI: 10.17308/geo.2018.3/2248.
10. Лурье П. М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа. Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 2002. С. 506.
11. Масленников С. И., Шукина Г. Ф., Назарев Ю. П. Микропластик в океане – новые проблемы морского природопользования // *Рыбное хозяйство*. 2017. № 3. С. 20–24.
12. Панов В. Д., Псарева Т. В. Каталог ледников СССР. Т. 8. Северный Кавказ. Ч. 6, 7. Ленинград: Гидрометеоздат, 1973. 95 с.

References

1. Andrady A. L. The plastic in microplastics: a review. *Marine Pollution Bulletin*. 2017;119:12–22.
2. Barnes D., Galgani F., Thompson R., Barlaz M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2009;364:1995–1998. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>.
3. Campanale C., Massarelli C., Savino I., Locaputo V., Uricchio V. F. A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17:1212.

4. Hosseini R., Sayadi M., Aazami J., Savabieasfehiani M. Accumulation and distribution of microplastics in the sediment and coastal water samples of Chabahar Bay in the Oman Sea, Iran. *Marine Pollution Bulletin*. 2020;160:111682. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111682>.
5. Li C., Gan Y., Zhang C., He H., Fang J., Wang L., Wang Y., Liu Y. Microplastic communities in different environments: Differences, links, and role of diversity index in source analysis. *Water Research*. 2020;188:116574. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116574>.
6. Plastics – the Facts 2020. *Plastics Europe*. 2020. URL: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2020>.
7. Agoeva E. A. Environmental parameters of the Caucasian region in the aspect of global climate change. *Geocology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):68–78. DOI:10.54398/20776322_2023_2_68 (In Russ.).
8. Bozieva Zh. Ch., Agoeva E. A., Gazev M. A. Change in surface air temperature and the amount of precipitation in the Upper Balkar Gorge. *Bulletin of the Trans-Baikal State University*. 2019;25;8:14–23. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-8-14-23 (In Russ.).
9. Gazev H.-M. M., Agoeva E. A., Itiev A. B. Iron content in glacial waters of the Central Caucasus. *Bulletin of the VSU*. 2018;3:30–35. DOI: 10.17308/geo.2018.3/2248 (In Russ.).
10. Lurie P. M. *Water resources and water balance of the Caucasus*. Saint Petersburg: Hydrometeoizdat; 2002:506 (In Russ.).
11. Maslennikov S. I., Shchukina G. F., Nazarets Yu. P. Microplastics in the ocean – new problems of marine environmental management. *Fisheries*. 2017;3:20–24 (In Russ.).
12. Panov V. D. Catalog of glaciers of the USSR. Vol. 8. North Caucasus. Part 6, 7. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ.; 1973:95 (In Russ.).

Информация об авторах

Агоева Э. А. – старший научный сотрудник;
Ламашвили Л. С. – научный сотрудник;
Хаширова С. Ю. – доктор химических наук, профессор, проректор по НИР;
Агоев А. А. – школьник.

Information about the authors

Agoeva E. A. – Senior Researcher;
Lamashvili L. S. – Researcher;
Khashirova S. Yu. – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Vice-rector for Research;
Agoev A. A. – pupil.

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 07.11.2024; одобрена после рецензирования 10.01.2025; принята к публикации 20.01.2025.

The article was submitted 07.11.2024; approved after reviewing 10.01.2025; accepted for publication 20.01.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 103–111.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):103–111 (In Russ.).

Научная статья

УДК 338.484

<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.014>

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АПТЕКАРСКИХ ОГОРОДОВ И БОТАНИЧЕСКИХ САДОВ

Безуглова Марина Сергеевна^{1✉}, Крыжановская Галина Викторовна², Шарова Ирина Сергеевна³

Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия

¹marinadenis@yandex.ru✉

²GalaJim@mail.ru

³is_sharova@mail.ru

Аннотация. Нижнее Поволжье представляет собой уникальную геоэкологическую зону, природные особенности которой позволяют развивать сеть рекреационных объектов, в том числе таких как аптекарские огороды и ботанические сады. Равнинный рельеф и аридный континентальный климат региона требуют специальных подходов к культивации растений, включая использование систем капельного полива и теплиц для обеспечения необходимых условий влажности и температуры. Развитие таких объектов способствует сохранению биоразнообразия, развитию экологической культуры и социокультурному развитию региона, предоставляя возможности для рекреации, экологического туризма и местного предпринимательства.

Ключевые слова: Нижнее Поволжье, геоэкологические условия, рекреация, аптекарские огороды, ботанические сады, климатические особенности, система капельного полива, теплицы, устойчивое сельское хозяйство, экологический туризм, социокультурное развитие, экономический потенциал

Для цитирования: Безуглова М. С., Крыжановская Г. В., Шарова И. С. Геоэкологические особенности территории Нижнего Поволжья и возможности организации и использования аптекарских огородов и ботанических садов // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 103–111. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.014>.

GEOECOLOGICAL FEATURES OF THE TERRITORY OF THE LOWER VOLGA REGION AND THE POSSIBILITIES OF ORGANIZING AND USING PHARMACY GARDENS AND BOTANICAL GARDENS

Marina S. Bezuglova^{1✉}, Galina V. Kryzhanovskaya², Irina S. Sharova³

Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

¹marinadenis@yandex.ru✉

²GalaJim@mail.ru

³is_sharova@ya.ru

Abstract. The Lower Volga region is a unique ecological zone, the natural features of which allow the development of a network of recreational facilities, including such as pharmacy gardens and botanical gardens. The flat terrain and arid continental climate of the region require special approaches to plant cultivation, including the use of drip irrigation systems and greenhouses to ensure the necessary humidity and temperature conditions. The development of such facilities contributes to the conservation of biodiversity, the development of ecological culture and socio-cultural development of the region, providing opportunities for recreation, eco-tourism and local entrepreneurship.

Keywords: Lower Volga region, geoeological conditions, recreation, pharmacy gardens, botanical gardens, climatic features, drip irrigation system, greenhouses, sustainable agriculture, ecological tourism, socio-cultural development, economic potential

For citation: Bezuglova M. S., Kryzhanovskaya G. V., Sharova I. S. Geoeological features of the territory of the Lower Volga region and the possibilities of organizing and using pharmacy gardens and botanical gardens. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):103–111. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.014> (In Russ.).

Нижнее Поволжье – географическая область, расположенная вдоль нижнего течения реки Волги, включающая Волгоградскую и Астраханскую области, а также Калмыкию. Территория имеет выход к Каспийскому морю. Нижнее Поволжье – это регион, характеризующийся уникальными геоэкологическими условиями, оказывающими значительное влияние на развитие аптекарских огородов и ботанических садов. Основные геоэкологические факторы включают

рельеф, климат, почвы, поверхностные и подземные воды, биологическое разнообразие и ландшафты. Эти факторы играют ключевую роль в выборе растений для выращивания, а также в методах их культивации.

Рельеф Нижнего Поволжья преимущественно равнинный, что способствует созданию больших площадей для размещения ботанических коллекций. Плоская территория облегчает ирригационные мероприятия и установку теплиц. В низинных участках могут формироваться благоприятные условия для создания искусственных водоемов, которые поддерживают микроклимат и влажность воздуха. Преобладающими природными зонами здесь являются полупустыни и степи [5].

Нижнее Поволжье характеризуется аридным и резко континентальным климатом с выраженными сезонными колебаниями температуры. Лето здесь жаркое, с температурами, которые часто превышают $+35^{\circ}\text{C}$, а зима холодная, с минимальными показателями до -30°C . Среднегодовая температура колеблется от $+6$ до $+8^{\circ}\text{C}$. Осадков мало – от 250 до 400 мм в год, преимущественно в виде летних дождей. Это создает дефицит влаги, особенно заметный в жаркие месяцы, что требует регулярного орошения для поддержания роста и развития растений. Высокая испаряемость также влияет на водный режим растений, увеличивая потребность в воде и необходимость в тщательном управлении водным ресурсом [10, 14].

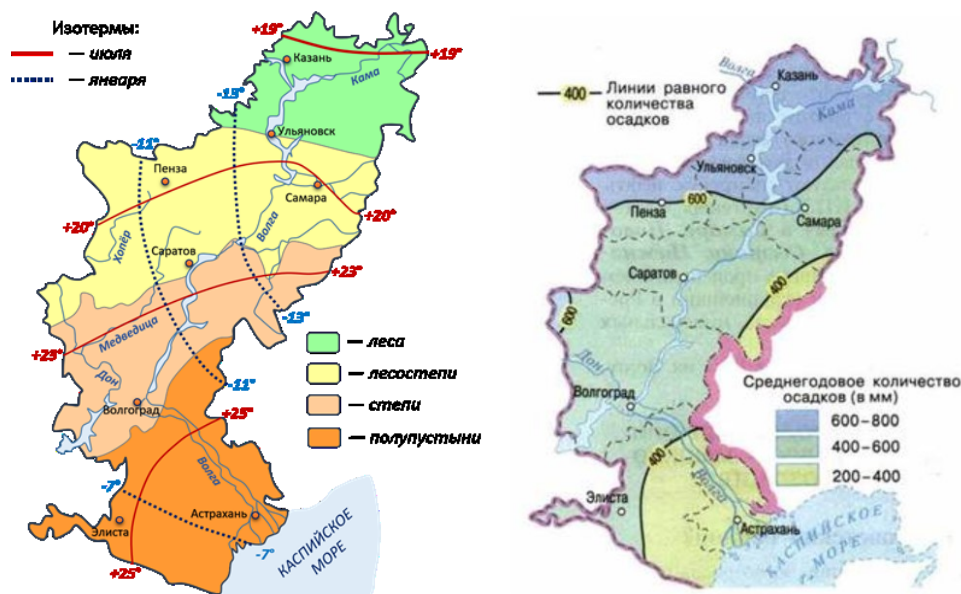


Рисунок – Природные зоны, изотермы и среднее годовое количество осадков Поволжья

Волга-Ахтубинская пойма представляет собой низменную область, расположенную между основным руслом Волги и ее протокой Ахтубой, с высотами от 10 до 20 метров над уровнем моря. Весенние паводки, характерные для этой поймы, способствуют насыщению почв влагой, что создает благоприятные условия для выращивания влаголюбивых растений. Однако, чтобы избежать избыточного увлажнения и эрозии, необходимы грамотные дренажные системы [2].

Приволжская возвышенность, с высотами до 300 метров над уровнем моря, имеет холмистый и слегка волнистый рельеф. Наличие оврагов и балок может представлять определенные сложности для ирригации и земледелия, однако эти особенности можно использовать для создания террасных садов. Террасы помогают оптимально распределять воду и предотвращать ее застой. Кроме того, возвышенность обеспечивает разнообразие микроклиматических условий, что позволяет культивировать различные виды растений, требующие специфических условий.

Важно, что территория Нижнего Поволжья расположена на уровне ниже Мирового океана, особенно вблизи Каспийского моря, характеризуется засушливостью и солончаками. Это требует специальных методов для выращивания растений, таких как использование устойчивых к засолению сортов и систем капельного полива для минимизации водных затрат. Либо должна применяться научно-обоснованная мелиоративная подготовка грунта перед посадкой растений. Равнинная территория низменности облегчает создание обширных посадочных площадей и установку теплиц, необходимых для защиты растений от экстремальных температур (как в летний, так и зимний период). Для адаптации к условиям климата Нижнего Поволжья

используются различные агротехнические методы, такие как системы капельного полива, использование теплиц для защиты растений от экстремальных температур и методы мульчирования для удержания влаги в почве [7].

Почвы региона представлены в основном каштановыми и черноземными разновидностями, которые обладают высоким плодородием. Однако для выращивания определенных лекарственных растений и экзотических видов может потребоваться дополнительное удобрение и улучшение почвы. Использование органических и минеральных удобрений способствует повышению урожайности и улучшению качества растений.

Каштановые почвы занимают значительные площади в Нижнем Поволжье. Они отличаются средней плодородностью и относительно низким содержанием гумуса. Эти почвы имеют хороший дренаж, но в условиях аридного климата могут быстро пересыхать, что требует регулярного орошения. Для повышения их плодородия необходимо внесение органических и минеральных удобрений, а также мульчирование для сохранения влаги.

Черноземы встречаются на территории Приволжской возвышенности и являются одними из наиболее плодородных почв в мире. Они содержат высокий процент гумуса и имеют отличные агрономические свойства, что делает их идеальными для выращивания широкого спектра растений. Однако даже такие почвы в условиях Нижнего Поволжья требуют регулярного орошения из-за низкого уровня осадков. Черноземы обеспечивают хорошую структуру почвы, что способствует развитию корневой системы растений.

Наличие крупных водных артерий, таких как р. Волга, а также подземных водоносных горизонтов, обеспечивает стабильный источник воды для ирригации. Однако в условиях аридного климата важна эффективная система орошения и рациональное использование водных ресурсов. Современные методы капельного полива и автоматизированные системы орошения позволяют существенно экономить воду и обеспечивать растения необходимой влагой [3, 4].

Система капельного полива представляет собой эффективный метод орошения растений, особенно в условиях аридного и резко континентального климата, характерного для Нижнего Поволжья. Эта технология позволяет экономить воду, минимизировать ее испарение и обеспечивать растения необходимым количеством влаги. Система капельного полива основана на точечной подаче воды непосредственно к корням растений через специальные капельницы. Вода поступает к растениям медленно и равномерно, что способствует лучшему усвоению влаги корнями и предотвращает ее потери вследствие испарения. Равнинный характер территории Нижнего Поволжья в целом способствует проведению ирригационных мероприятий, установке систем капельного полива и созданию обширных посадочных площадей. Однако различные участки региона требуют адаптации методов культивации под местные условия. Природное увлажнение пойменных участков, разнообразие микроклиматических условий на возвышенностях и необходимость специальных подходов в низменности создают возможности для выращивания широкого спектра растений, что делает аптекарские огороды и ботанические сады привлекательными для туристов и местного населения.

Культурные растения, подходящие для выращивания в данном климате, должны быть устойчивы к жаре и засухе, что делает выбор растений для аптекарских огородов и ботанических садов в Нижнем Поволжье специфическим и требующим внимательного подхода к подбору сортов и уходу [1].

Уникальные геоэкологические характеристики территории Нижнего Поволжья позволяют выращивать достаточно широкий спектр растений, характерных практически для всех тепловых поясов. Только большинство растений экваториального и тропического тепловых поясов не смогут перезимовать при климатических показателях морозной зимы исследуемой территории. Эти растения можно выращивать только в тепличных условиях.

Аптекарские огороды и ботанические сады, являясь хранителями биологического разнообразия и уникальных коллекций растений, обладают значительным потенциалом для развития туристско-рекреационной сферы. Эти пространства не только выполняют важную научно-исследовательскую и образовательную функции, но и становятся привлекательными местами для отдыха, познавательного туризма и экологических экскурсий. В условиях урбанизации и растущего интереса к здоровому образу жизни, экологическому просвещению и сохранению природного наследия, аптекарские огороды и ботанические сады предоставляют уникальные возможности для удовлетворения этих потребностей.

Ботанический сад – это место для ботанических исследований, сохранения, образования и демонстрации местной флоры региона. Кроме того, ботанический сад – это учреждение, где выращиваются растения для научных исследований и демонстрации публике. Современный ботанический сад может включать в себя гербарий, библиотеку, фотокабинет, лабораторию, лекционный павильон и места для отдыха. Здесь также могут быть специализированные коллекции

растений, например, коллекции кактусов и других суккулентов, сады с травами, растения из определенных частей мира и так далее. Некоторые другие могут включать теплицы и помещения со специальными коллекциями, такими как тропические растения, альпийские растения или другие экзотические виды. Большинство из них в той или иной степени открыты для публики и могут проводить экскурсии, образовательные выставки, художественные выставки, книжные залы, театральные и музыкальные представления под открытым небом и другие формы развлечений.

Ботанические сады выполняют четыре основные функции.

Исследовательская функция. Ботанический сад служит лабораторией под открытым небом. Проведите исследование различных видов растений, взаимодействия видов, экологической динамики, растительности и влияния изменения климата на местное, региональное и национальное социально-экономическое развитие.

Функция сохранения. Ботанический сад улучшает сохранение биоразнообразия, предоставляя безопасное убежище для находящихся под угрозой исчезновения видов, экологических моделей, генетического и видового разнообразия, а также способствуя глобальным инициативам по сохранению зародышевой плазмы растений. Кроме того, он сохраняет и приумножает редкие виды и генетическое разнообразие. Генетика сохранения растений предоставляет соответствующие инструменты для управления процессами сохранения и успешного восстановления, измерения и мониторинга и в конечном итоге снижения риска исчезновения видов растений, находящихся под угрозой исчезновения в природе.

Рекреационная функция. Ботанический сад привлекает людей, сделавших садоводство своим хобби. Ботанические сады являются отличной платформой для развития направлений отдыха и туризма на природе как для отечественных, так и для иностранных гостей.

Образовательная функция. Экологическое образование – это междисциплинарная область исследований, которая относится к организованным усилиям по обучению тому, как функционирует природная среда, в частности, как люди могут контролировать поведение и экосистемы, чтобы жить устойчиво, и таким образом формировать идею гражданства, чувствительного к природе. Экологическая чувствительность и осведомленность должны использоваться для разрешения конфликта между экологическими проблемами и ценностями и предотвращения возникновения новых экологических проблем. Поэтому экологическое образование должно способствовать созданию качественной окружающей среды, чтобы помочь людям достичь хорошего уровня жизни.

В ботаническом саду растения обычно классифицируются по различным критериям, таким как семейства, роды, виды, климатические зоны и типы растительности. Вот пример таблицы классификации ботанического сада, которая может помочь в организации и систематизации коллекций растений:

Таблица 1 – Классификации ботанического сада по систематизации коллекций растений

Категория	Пример/Описание
Классификация по семействам	Растения сгруппированы по их ботаническим семействам (например, розоцветные, бобовые, злаковые)
Классификация по родам	Растения классифицируются по родам, например, род <i>Carya</i> (орехи) или род <i>Malus</i> (яблоня)
Классификация по видам	Растения классифицируются по видам, например, <i>Carya ovata</i> (лещина обыкновенная) или <i>Malus domestica</i> (яблоня домашняя)
Классификация по климатическим зонам	Растения делятся в зависимости от климата, в котором они произрастают естественным образом (например, тропики, субтропики, умеренный климат)
Классификация по типам растительности	Растения делятся на деревья, кустарники, травы, водные растения, суккуленты и т. д.
Классификация по использованию	Растения классифицируются по их назначению (лекарственные, декоративные, плодовые и овощные)
Классификация по происхождению	Растения сгруппированы по географическому происхождению (например, растения Европы, Азии, Африки и т. д.)
Классификация по времени цветения	Растения классифицируются по времени их цветения: ранневесенние, летние, осенние и зимние
Классификация по жизненному циклу	Растения делятся на однолетники, многолетники и двулетники
Классификация по экологии	Растения классифицируются по типам экосистем, в которых они встречаются: леса, луга, болота, пустыни и т. д.

Классификация помогает не только упорядочить коллекции в ботаническом саду, но и служит важной основой для исследований, образовательной работы и сохранения биоразнообразия.

Ботанические сады являются уникальными местами акклиматизации, где экзотические растения со всего мира растут вместе на открытом воздухе, несмотря на то, что они были удалены от своей первоначальной среды. Разнообразные и самобытные коллекции живых растений служат основой для исследований и современных таксономических исследований в области морфологии, экологии, генетики, систематики и эволюции. Они предоставляют живые растительные ресурсы для академических исследований в области цитологии, эмбриологии, анатомии, фотохимии и других областей. Они включают знания о пищевых растениях, декоративных растениях, лекарственных растениях и других смежных темах. Ботанические сады являются началом для гибридизации, чтобы экономично получить из этих растений превосходные виды цветов, фруктов и овощных растений. Множество теплиц, оранжерей и других объектов в ботанических садах обеспечивают защиту многих растений, находящихся под угрозой исчезновения, а также средства размножения редких растений. По всему миру несколько ботанических садов функционируют как центры акклиматизации и предлагают подходящие условия для сохранения экономических растений. Многие люди несут ответственность за коммерциализацию и распространение многих важных растений, таких как чай, каучук, кофе, хлопок, тик, хинное дерево, конопля, ваниль и т. д., которые являются родными для одного региона, но были завезены в другие страны.

Ботанические сады также предоставляют семена и саженцы важных растений в обмен на другие сады, чтобы стимулировать внедрение некоторых экзотических, полезных и экономических растений. Ботанические сады практикуют и обучают людей охране природы и полезны для обучения людей выращиванию садовых растений, ландшафтному дизайну и садоводству. Также они являются центром отдыха и эстетической красоты.

В современном обществе увеличивается интерес к традиционным методам лечения и использованию растений в медицинских целях. Аптекарский огород как одна из форм реализации этого интереса представляет собой уникальное явление, сочетающее в себе аспекты культурного наследия, туризма и рекреации.

Аптекарский сад – это особый тип сада, где традиционно осуществляется медицинское производство, а также используется в образовательных и исследовательских целях. Но чаще применяется термин «**аптекарский огород**», что сложилось исторически, так как сотни лет возделывались монастырями и университетами и были предназначены для выращивания лекарственных растений и обучения процедурам и лечению. Именно на грядках выращивается большинство лекарственных растений, активно используемых человечеством несколько тысяч лет.

В контексте ботаники и агроэкологии аптекарский огород представляет собой участок земли, специально выделенный для выращивания лекарственных растений с целью получения сырья для приготовления лекарственных препаратов. Этот термин охватывает широкий спектр растений, известных своими лечебными свойствами и организованных таким образом, чтобы обеспечить эффективное и устойчивое использование ценных ресурсов.

Таблица 2 – Примеры лекарственных растений

Название растения	Научное название	Часть растения	Применение
Лаванда	<i>Lavandula angustifolia</i>	Цветы	Успокаивающее средство, помогает при бессоннице, тревоге и головных болях
Мелисса	<i>Melissa officinalis</i>	Листья	Противовоспалительное, расслабляющее средство, используется при бессоннице и стрессе
Черёда	<i>Calendula officinalis</i>	Цветы	Противовоспалительное средство, используется для лечения кожных заболеваний и порезов
Ромашка	<i>Matricaria chamomilla</i>	Цветы	Противовоспалительное, успокаивающее средство, помогает при расстройствах пищеварения
Зверобой	<i>Hypericum perforatum</i>	Трава	Антидепрессант, используется для улучшения настроения и лечения меланхолии
Шалфей	<i>Salvia officinalis</i>	Листья	Противовоспалительное и антисептическое средство, помогает при заболеваниях горла и дыхательных путей
Тысячелистник	<i>Achillea millefolium</i>	Листья и цветы	Средство для остановки кровотечений, применяется при язвах, ранах и воспалениях
Пустырник	<i>Leonurus cardiaca</i>	Трава	Успокаивающее средство, помогает при нервных расстройствах и бессоннице
Календула	<i>Calendula officinalis</i>	Цветы	Противовоспалительное средство, используется для лечения ожогов, ссадин и раздражений
Корень валерианы	<i>Valeriana officinalis</i>	Корень	Успокаивающее средство, помогает при стрессе, бессоннице, а также при спазмах

В медицинском контексте аптекарский огород рассматривается как источник ценных фармацевтических компонентов, предназначенных для производства лекарственных препаратов. Здесь выращиваются растения, содержащие активные ингредиенты, используемые для лечения и профилактики различных заболеваний. Эти растения подвергаются систематическому уходу и контролю для обеспечения максимального качества и концентрации лечебных соединений.

Аптекарский огород также рассматривается в аспекте ландшафтного дизайна, где акцент делается на красоте и эстетике, с учетом функциональности для здоровья. Здесь используются не только растения с лечебными свойствами, но также те, которые придают огороду приятный аромат и визуальную привлекательность. Этот аспект аптекарского огорода подчеркивает его роль как места, где забота о здоровье сочетается с эстетическим восприятием природы.

В практике ароматерапии аптекарский огород выступает как источник эфирных масел и ароматических веществ. Растения, такие как лаванда, розмарин и мелисса, производят масла, используемые в терапевтических процедурах. Этот аспект аптекарского огорода дополняет его функциональное назначение, предоставляя средства для поддержания психического здоровья и благополучия.

В кулинарии аптекарский огород служит источником пряных и ароматических растений, добавляющих вкус и аромат блюдам. Здесь выращиваются тимьян, базилик, орегано и другие растения, используемые в кулинарных рецептах. Этот аспект аптекарского огорода свидетельствует о его универсальности, подчеркивая значение растений не только для заботы о здоровье, но и для улучшения кулинарного опыта.

В рамках научных исследований термин «аптекарский огород» используется для описания традиционного подхода к выращиванию лекарственных растений. Здесь подчеркивается значение сохранения биоразнообразия и эффективного использования природных ресурсов для обеспечения постоянного доступа к высококачественным растительным материалам для медицинских целей.

По функциональному назначению аптекарский огород подразделяется на несколько групп. Лечебные растения содержат активные компоненты, используемые для лечения и предотвращения заболеваний. Ароматические растения обладают приятным запахом и используются в ароматерапии и парфюмерии. Пряные растения добавляют вкус и аромат блюдам, играя важную роль в кулинарии.

С точки зрения химического состава аптекарский огород включает алкалоидные растения, содержащие биологически активные азотистые соединения. Терпеноидные растения богаты эфирными маслами и терпеноидами, обладающими лечебными свойствами. Флавоноидные растения содержат флавоноиды с антиоксидантными свойствами, поддерживающими здоровье.

В аспекте способов выращивания аптекарский огород включает однолетние растения, завершающие свой жизненный цикл за один год, и многолетние растения, возвращающиеся и произрастающие на протяжении нескольких лет.

В исследованиях аптекарского огорода как объекта культурного значения подчеркивается его связь с традициями и историческими практиками. Аптекарские огороды укладываются в контекст культурного наследия, сохраняя древние методы выращивания растений и передавая их через поколения. Эта составляющая аптекарского огорода подчеркивает важность его изучения как культурного феномена и источника уникальной информации о взаимодействии человека с природой.

С позиции биохимии и фармакологии аптекарский огород рассматривается как лаборатория природы. Здесь проводятся исследования о химических соединениях в растениях, оценивается их эффективность в медицинских приложениях. Такой научный подход к аптекарскому огороду выходит за рамки традиционных практик и включает в себя молекулярные исследования для более глубокого понимания лекарственных свойств растений.

С другой стороны, в парадигме устойчивого развития аптекарский огород рассматривается как часть экосистемы. Исследования направлены на оптимизацию методов выращивания с учетом биоразнообразия и сохранения природных ресурсов. Аспекты устойчивого сельского хозяйства и органического земледелия становятся важными при анализе роли аптекарского огорода в обеспечении продовольственной и медицинской безопасности.

В социологическом контексте аптекарский огород рассматривается как социокультурное явление. Исследования направлены на понимание роли аптекарских огородов в формировании общественного мнения о здоровье и естественных методах лечения. Также анализируется влияние аптекарских огородов на социальные практики и образ жизни, а также их вклад в развитие сельских сообществ.

С позиции экономики аптекарский огород становится объектом исследований в сфере биотехнологии и фармацевтики. Анализируется экономическая эффективность выращивания лекарственных растений, создание новых сортов с улучшенными характеристиками, а также перспективы медицинской промышленности в использовании сырья, полученного из аптекарских огородов.

В плане образования и культурологии аптекарские огороды служат объектом образовательных программ и исследований. Акцент делается на популяризации знаний о лекарственных растениях, их применении в медицине и кулинарии. Такие исследования ориентированы на создание образовательных центров и музеев, посвященных аптекарским огородам как форме публичного просвещения.

Аптекарский огород представляет собой многогранный объект исследований, который охватывает не только области медицины и биологии, но и расширяет свою сферу влияния на социокультурные, экономические и научные аспекты. Взаимодействие этих различных направлений исследований позволяет более полно и глубоко понять и оценить значение аптекарских огородов в современном обществе.

Так как и ботанические сады, и аптекарские огороды – схожие по функционалу и реализуемым задачам объекты, то можно объединить их и на одной территории создавать рекреационные комплексы, вмещающие в себя и садовое пространство, и территорию аптекарского огорода. Использование тепличного хозяйства позволит существенно расширить разнообразие выращиваемых растений и его круглогодичное использование.

Учитывая геоэкологические и климатические особенности Нижнего Поволжья, выбор растений для аптекарских огородов должен быть ориентирован на засухоустойчивость, устойчивость к высоким температурам и потребность в минимальном уходе. Вот некоторые примеры сортов и видов растений, которые успешно могут расти на данной территории:

1. Мелисса лекарственная – отличается высокой устойчивостью к жаре и может расти на солнце. Она хорошо переносит засушливые условия и не требует частого полива.
2. Ромашка аптечная – одно из немногих растений, хорошо себя чувствующих на песчаных почвах. Она устойчива к засухе и легко размножается.
3. Эхинацея пурпурная – обладает высокой устойчивостью к жаре и низкому уровню влаги. Идеальна для создания ярких цветочных клумб и лечебных посадок.
4. Шалфей лекарственный – засухоустойчивое растение, хорошо переносит жару и нуждается в минимальном уходе. Шалфей также отличается высокой зимостойкостью.
5. Тимьян обыкновенный – прекрасно растет на бедных и сухих почвах, устойчив к высоким температурам. Тимьян используется в кулинарии и медицине.
6. Мята перечная – хорошо себя чувствует на солнечных участках и требует минимального ухода. Мята устойчива к жаре и хорошо растет на рыхлых почвах.

Богатое биологическое разнообразие Нижнего Поволжья включает степные, полупустынные и лесные экосистемы. Это разнообразие позволяет создавать ботанические сады с коллекциями растений из различных климатических зон и природных сообществ. Ландшафтное разнообразие региона способствует созданию живописных и рекреационно-привлекательных объектов, которые могут использоваться туристами и местными жителями.

В Астраханской области можно найти несколько примеров аптекарских огородов, как исторических, так и современных:

1. Астраханский государственный медицинский университет: в 2022 г. университет начал проект по возрождению аптекарского огорода. На этом огороде выращиваются растения, характерные для региона, такие как мята, ромашка, шиповник, боярышник, айва и др. Это часть учебного процесса и экологического проекта, направленного на сохранение традиций использования лекарственных растений.
2. Астраханская аптека-музей имени Карла Оссе: этот музей, основанный еще в царские времена, посвящен истории аптечного дела в регионе. Здесь можно узнать о различных лекарственных растениях, которые использовались для приготовления медикаментов, а также об исторических аптекарских огородах.
3. Исторический аптекарский огород в Астрахани: в Астраханской области существовал аптекарский огород, основанный по указу Петра I в 1720 г. Этот огород сыграл важную роль в развитии медицины и фармацевтики в регионе, где выращивались растения для лечения различных заболеваний.

Развитие аптекарских огородов и ботанических садов в Нижнем Поволжье, несмотря на аридный климат, представляет собой важную возможность для создания уникальных объектов экологического и культурного туризма. Аптекарские огороды, организованные на основе местных геоэкологических особенностей, могут стать не только источником лекарственных растений, но и площадкой для образовательных программ и научных исследований.

Аридный климат региона требует специфических подходов к выращиванию растений. Такие объекты, как теплицы, играют важную роль, обеспечивая защиту от экстремальных температур и минимизируя потребность в воде. Использование систем капельного полива позволяет

эффективно расходовать водные ресурсы, что особенно важно в условиях ограниченного количества осадков и высокой испаряемости.

Туристы и местное население могут посещать эти сады и огороды, узнавать о разнообразии лекарственных растений, их культурных и экологических особенностях, а также методах их выращивания. Эти объекты не только способствуют сохранению и изучению биоразнообразия региона, но и предоставляют возможности для отдыха и образования, подчеркивая важность устойчивого использования природных ресурсов и экологически ответственного подхода к сельскому хозяйству.

Обустройство аптекарских огородов и ботанических садов в Нижнем Поволжье также способствует социокультурному развитию региона. Эти объекты не только предоставляют уникальные возможности для изучения и познания местной флоры, но и становятся центрами привлечения туристов и любителей экологии.

Организация экскурсионных программ, мастер-классов по выращиванию и использованию лекарственных растений, а также участие в экологических акциях способствуют повышению осведомленности об экологических проблемах и принципах устойчивого развития. Такие мероприятия содействуют формированию экологической культуры и ответственного отношения к окружающей среде среди населения [8].

Аптекарские огороды и ботанические сады могут стать площадками для развития местного предпринимательства и рынка экологически чистых продуктов. Выращенные на таких огородах растения могут использоваться для производства натуральных лекарственных средств, косметики и других продуктов, что способствует развитию местной экономики и сельского хозяйства.

Развитие аптекарских огородов и ботанических садов в Нижнем Поволжье не только способствует сохранению биоразнообразия и улучшению экологической ситуации, но и имеет высокий социокультурный и экономический потенциал для региона.

Список литературы

1. Бармин А. Н., Беломоин Н. Н., Бухарицын П. И. и др. Природа и история Астраханского края / редкол.: В. А. Пятин (гл. ред.) и др.; Астраханский государственный педагогический институт им. С. М. Кирова. Астрахань: Изд-во Астраханского педагогического института, 1996. 364 с.
2. Голуб В. Б., Лактионов А. П., Бармин А. Н., Пилипенко В. Н. Конспект флоры сосудистых растений долины Нижней Волги. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2002. С. 5–8.
3. Григоров М. С., Пындак В. И., Лобойко В. Ф. Трансгрессия Каспийского моря и канал Волго-Дон-2 // Вестник Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. 2008. № 9. С. 47–51.
4. Дымова Т. В., Протасевич Г. Н., Матвеева Э. Ф. Нетрадиционные формы уроков экологии, биологии, химии: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 032400 Биология. Астрахань: Астраханский государственный университет, 2004. 113 с.
5. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. Москва: Высшая Школа, 1991. 366 с.
6. Казаков Л. К. Ландшафтоведение с основами ландшафтного планирования. Москва: ИЦ «Академия», 2007. 318 с.
7. Карабаева А. З., Бикчураева А. И., Ююков С. С. Геоэкологическая оценка состояния акватории реки Волги на территории Нижнего Поволжья // Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 2 (85). С. 74–84.
8. Красная книга Астраханской области / под общ. ред. Ю. С. Чуйкова. Астрахань, 2004. С. 25–29.
9. Лактионов А. П. Структура биоразнообразия флоры Астраханской области // Известия Самарского научного центра РАН. 2008. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/struktura-bioraznoobraziya-flory-astrahanskoy-oblasti> (дата обращения: 06.02.2025).
10. Природные зоны Поволжья. URL: <https://dzen.ru/a/ZbFuNHUOIhQq0Z> (дата обращения: 06.02.2025).
11. Пындак В. И., Трохимчук М. В. Геоэкологические проблемы строительства на хвалынских и майкопских глинах Нижнего Поволжья // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2005. № 2. С. 148–152.
12. Пындак В. И., Лобойко В. Ф. Особенности геолого-почвенных условий развития орошения в Нижнем Поволжье // Мелиорация и водное хозяйство. 2008. № 5. С. 41–42.
13. Пындак В. И., Трохимчук М. В. Радиационный фактор в геоэкологической обстановке урбанизированных территорий Нижнего Поволжья // Экологические системы и приборы. 2003. № 5. С. 10–11.
14. Среднегодовое количество осадков Поволжья. URL: <https://mail.trojden.com/books/geography/geography-russia-alekseev-9-class-2014/34> (дата обращения: 06.02.2025).

References

1. Barmin A. N., Belomoin N. N., Bukharitsyn P. I. *Nature and history of the Astrakhan Region*. Editorial board: V. A. Pyatin (chief editor); Astrakhan State Pedagogical Institute named after S. M. Kirov. Astrakhan: Publishing House of Astrakhan Pedagogical Institute; 1996:364 (In Russ.).
2. Golub V. B., Laktionov A. P., Barmin A. N., Pilipenko V. N. *Synopsis of the flora of vascular plants of the Lower Volga valley*. Tolyatti: IEVB of RAS; 2002:5–8 (In Russ.).

3. Grigorov M. S., Pyndak V. I., Loboyko V. F. Transgression of the Caspian Sea and the Volga-Don-2 Canal. *Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov*. 2008;9:47–51 (In Russ.).
4. Dymova T. V., Protasevich G. N., Matveeva E. F. *Non-traditional forms of ecology, biology, and chemistry lessons: a textbook for university students studying in the specialty 032400 Biology*. Astrakhan: Astrakhan State University; 2004:113 (In Russ.).
5. Isachenko A. G. *Landscape science and physical-geographical zoning*. Moscow: Vysshaya shkola; 1991:366 (In Russ.).
6. Kazakov L. K. *Landscape science with the basics of landscape planning*. Moscow: "Academy" Publishing center; 2007:318 (In Russ.).
7. Karabaeva A. Z., Bikhuraeva A. I., Yuyukov S. S. Geoecological assessment of the state of the Volga river water area in the Lower Volga region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2022;2(85):74–84 (In Russ.).
8. *The Red Book of the Astrakhan region*. Under the general editorship of Yu. S. Chuikov. Astrakhan; 2004:25–29 (In Russ.).
9. Laktionov A. P. The structure of biodiversity of the flora of the Astrakhan region. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*; 2008:2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/struktura-bioraznoobraziya-flory-astrahanskoy-oblasti> (accessed 06.02.2025) (In Russ.).
10. *Natural areas of the Volga region*. URL: <https://dzen.ru/a/ZbFuNHUOIHOHqQ0Z> (accessed 06.02.2025) (In Russ.).
11. Pyndak V. I., Trokhimchuk M. V. Geoecological problems of construction on Khvalynsk and Maikop clays of the Lower Volga region. *Geoeology. Engineering Geology. Hydrogeology. Geocryology*. 2005;2:148–152 (In Russ.).
12. Pyndak V. I., Loboyko V. F. Features of geological and soil conditions for the development of irrigation in the Lower Volga region. *Land Reclamation and Water Management*. 2008;5:41–42 (In Russ.).
13. Pyndak V. I., Trokhimchuk M. V. Radiation factor in the geoecological environment of urbanized territories of the Lower Volga region. *Ecological Systems and Devices*. 2003;5:10–11 (In Russ.).
14. Average annual precipitation in the Volga region. URL: <https://mail.trojden.com/books/geography/geography-russia-alekseev-9-class-2014/34> (accessed 06.02.2025) (In Russ.).

Информация об авторах

Безуглова М. С. – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры географии, картографии и геологии;
Крыжановская Г. В. – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры географии, картографии и геологии;
Шарова И. С. – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры географии, картографии и геологии.

Information about the authors

Bezuglova M. S. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Department of Geography, Cartography and Geology;
Kryzhanovskaya G. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Department of Geography, Cartography and Geology;
Sharova I. S. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Department of Geography, Cartography and Geology.

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 13.01.2025; одобрена после рецензирования 29.01.2025; принята к публикации 10.02.2025.
The article was submitted 13.01.2025; approved after reviewing 29.01.2025; accepted for publication 10.02.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 112–120.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):112–120 (In Russ.).

Научная статья
УДК 911.3+528.94
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.015>

АНАЛИЗ РАЗМЕЩЕНИЯ РЕКЛАМЫ ПСИХОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ТЕРРИТОРИИ г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Максимович Никита Вячеславович¹, Тарасов Артем Алексеевич^{2✉}, Иванова Анна Сергеевна³, Онацкая Ирина Эдуардовна⁴

^{1, 2, 3}Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

⁴Архитектурно-планировочное бюро, Ялта, Россия

¹nekit.maksimovich@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4873-220X>

²artrar.90@mail.ru ✉, <https://orcid.org/0009-0003-6922-7166>

³annaivanova2400@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-6797-8051>

⁴onatskaya.ira@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7523-0910>

Аннотация. География преступности (геокриминалогия) – наука, изучающая территориальную дифференциацию преступности и ее связь с географическими условиями, – находится на стыке социально-экономической географии и криминологии. Тем не менее, являясь «переходной», смежной дисциплиной, она в значительной степени остается малоизученной географами, что снижает ее возможности. Увеличение числа работ, в которых бы рассматривались географические факторы преступности, присутствовали содержательная географическая интерпретация и обстоятельный картографический анализ, позволили бы ускорить развитие этой науки. Так, в настоящей статье проведено исследование распространения рекламы психоактивных веществ посредством инструментов ГИС- и статистического анализа. Областью исследования являлись 5 модельных полигонов на территории Санкт-Петербурга (в районе станций метро «Международная», «Дыбенко», на территории ЖК «Новая Охта», муниципальных образований «город Красное Село» и «город Колпино»), в пределах которых производилась фотофиксация всех найденных надписей, принадлежащих к рекламе данного типа, а также определялась их геолокация. Так, реклама была обнаружена на фасадах жилых домов, пешеходных дорожках, заборах, гаражах, мусорных площадках, зданиях торгового назначения и т. п. Наибольшее количество надписей было выявлено у жилых домов. Закрашенной оказалась от 64 % (в районе станции метро Дыбенко) до 99 % (на территории модельного полигона в районе муниципального образования «город Колпино») рекламы. Кроме того, было обнаружено тяготение рекламы психоактивных веществ к многоквартирным домам и образовательным учреждениям. Также была выявлена приуроченность рекламы к более густой улично-дорожной сети.

Ключевые слова: преступность, география преступности, реклама психоактивных веществ, ГИС, QGIS, ArcGIS, геоинформационные технологии, морфологический тип застройки, многоквартирный дом, пешеходные дорожки

Для цитирования: Максимович Н. В., Тарасов А. А., Иванова А. С., Онацкая И. Э. Анализ размещения рекламы психоактивных веществ на территории г. Санкт-Петербурга // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 112–120. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.015>.

ANALYSIS OF THE PLACEMENT OF ADVERTISEMENTS FOR PSYCHOACTIVE SUBSTANCE ADVERTISING IN THE CITY OF ST. PETERSBURG

Nikita V. Maksimovich¹, Artem A. Tarasov^{2✉}, Anna S. Ivanova³, Irina E. Onatskaya⁴

^{1, 2, 3} Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

⁴Architectural and Planning Bureau, Yalta, Russia

¹nekit.maksimovich@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4873-220X>

²artrar.90@mail.ru ✉, <https://orcid.org/0009-0003-6922-7166>

³annaivanova2400@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-6797-8051>

⁴onatskaya.ira@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7523-0910>

Abstract. The Geography of Crime (Geocriminology) is a discipline that studies the territorial differentiation of crime and its relationship with geographical conditions. It lies at the intersection of socio-economic geography and criminology. However, being a “transitional” and interdisciplinary field, it remains largely unexplored by geographers, which limits its potential. Increased number of studies of the geographical factors of crime providing substantial geographical interpretation and cartographic analysis would contribute to the advancement of this science. In this article, a study was conducted on the distribution of advertisements for psychoactive substances using

GIS and statistical analysis tools. The study area included five model sites in St. Petersburg (in the area of metro stations “Mezhdunarodnaya” and “Dybenko”, residential complex “Novaya Okhta”, and within the municipalities of “Krasnoye Selo” and “Kolpino”). Within these areas, all discovered graffiti related to this type of advertisement were photographed and geolocated. The advertisements were found on the facades of residential buildings, sidewalks, fences, garages, waste collection sites, commercial buildings, and other places. The highest number of graffiti was observed near residential buildings. The percentage of painted over advertisements was found to range from 64 % (in the area of Dybenko metro station) to 99 % (in the model site within the municipality of Kolpino). Besides, it was found that psychoactive substance advertisements tended to be located near apartment buildings and educational institution. The study also revealed a correlation between the placement of advertisements and areas with a denser street and road network.

Keywords: crime, geography of crime, advertisements of psychoactive substances, GIS, QGIS, ArcGIS, geoinformation technologies, morphological type of development, apartment building, pedestrian paths

For citation: Maksimovich N. V., Tarasov A. A., Ivanova A. S., Onatskaya I. E. Analysis of the placement of advertisements for psychoactive substance advertising in the city of St. Petersburg. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):112–120. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.015> (In Russ.).

Введение

Преступность, являясь выражением региональной социальной и экономической обстановки, естественным образом выступает областью интереса социальной и экономической географии. Кроме того, необходимость учитывать влияние природных условий определяет неизбежность привлечения для комплексного рассмотрения этого явления также и физической географии. Таким образом, территориальные различия преступности, существенная дифференциация ее уровня и состояния в отдельных регионах обуславливают существование географии преступности, науки, находящейся на стыке криминологии, социально-экономической и в некоторой степени физической географии [2].

Тем не менее подавляющее большинство работ по географии преступности написано криминологами и сводится к статистическому анализу. В них не рассматриваются (или рассматриваются поверхностно) географические факторы преступности, нет содержательной географической интерпретации, отсутствует картографический анализ. В исследованиях криминологов криминологический подход значительно преобладает над социально-географическим (криминологический детерминизм). На сегодняшний день именно криминологи сыграли ключевую роль в формировании и развитии географии преступности. Анализ опубликованных в России работ показал, что на 75 исследований, написанных криминологами, приходится лишь одна работа, созданная географами. Кроме того, значительный вклад в развитие географии преступности также был внесен социологами [2].

Первым по-настоящему географическим исследованием преступности в СССР можно считать монографию А. А. Габияни и Р. Г. Гачечиладзе «Некоторые вопросы географии преступности (по материалам Грузинской ССР)», опубликованную в 1982 г. В своей работе авторы провели анализ преступности на основе социально-географического районирования [3].

Весомый вклад в развитие географии преступности (и не только) внес В. В. Лунеев. Его цикл «Мировые, региональные и российские тенденции преступности XX века», а также другие работы, включая работу «География организованной преступности и коррупции в России (1997–1999 гг.)», значительно повлияли на взгляды ученых, занимающихся криминологией и географией преступности. В. В. Лунеев выдвинул актуальное определение географии преступности и рассмотрел географию как важный метод криминологического анализа [5, 6].

В исследованиях С. А. Шоткинова рассматриваются проблемы географии преступности в Сибири и на Дальнем Востоке. Преступность в городской среде изучалась в работах В. И. Гладких, Л. В. Кондратьев, А. А. Матвеевой и С. С. Овчинского. Вопросы соотношения городской и сельской преступности анализировались в трудах А. Ф. Соколова, А. А. Габияни, Р. Г. Гачечиладзе и М. И. Дидебуладзе. Влияние природно-географических, социально-демографических и экономических факторов на преступность исследовали В. М. Рябцев и В. М. Ведякин [2].

Развитие геоинформационных технологий привнесло новый практический смысл в географические аспекты анализа преступности. Применение ГИС оказалось эффективным для криминологического мониторинга, выявления причинно-следственных связей, а также для оценки факторов и последствий преступности.

Значительных успехов в данном направлении удалось добиться правоохранительным органам некоторых зарубежных стран. Так, в США и Канаде уже давно выстроена геоинформационная система, которая позволяет в режиме реального времени узнавать о совершающихся преступлениях. Правоохранительные органы этих стран, отойдя от работы с бумажными статистическими данными, сегодня пользуются отлаженными ГИС с сервисами запроса данных по параметрам местоположения, типам преступлений, выявляя, например, городские районы с более высоким уровнем преступности, нуждающиеся в более пристальном внимании [7].

Так, например, чикагское полицейское управление, столкнувшись к началу 2000-х гг. с серьезными проблемами с преступностью и будучи вынужденным заниматься поисками новых методов по борьбе с ней, начало использовать ГИС. Всего через полгода после внедрения ГИС, к концу 2003 г., полицейское управление зафиксировало снижение количества убийств на 18 % по сравнению с 2002 г.; было зарегистрировано на 23 убийства меньше, чем за предыдущий год. Так, было выбрано ПО ArcIMS 9 компании ESRI, позволившее построить специализированный web-сайт, через который полицейские могли получать картографическую и другую свежую информацию с помощью интрасети. Для подготовки запросов к информационному хранилищу полицейского управления была использована программа ArcSDE. В качестве средства их обработки применяется инструментальный хранилища. С помощью страниц запросов, совместимых с технологией ASP (Active Server Pages), выполняется обращение к базе данных Oracle9i для получения картографической и географической информации [9].

В России ГИС-технологии, способствующие борьбе с преступностью, пока не нашли широкого применения. Так, в начале 2000 г. в качестве ГИС во внутренних войсках и ОВД МВД России стал использоваться графический редактор CorelDraw. На отсканированной или отрисованной подложке на отдельных слоях наносилась обстановка. Затем этими структурами была освоена ГИС «Гармония», предназначенная для обеспечения реализации функций графического интерфейса по ведению оперативной обстановки на электронных картах, для создания интегрированных систем типа ГИС+СУБД на основе взаимодействия между графическими данными электронных карт и атрибутивными данными, содержащимися во внешних базах данных, а также для документирования картографической информации и оперативной обстановки. В настоящий момент в борьбе с преступностью в России также применяется ArcGIS [10].

При создании и внедрении программ по противодействию преступности крайне важно иметь надежную объединяющую основу в виде географической информационной системы (ГИС). Такая система позволяет работать с разнообразными данными, включая ключевые показатели преступности и социально-экономические параметры, оперативно проводить их пространственный анализ и выявлять значимые факторы, влияющие на криминогенную обстановку [7].

Таким образом, использование технологии ГИС как информационно-аналитической платформы приобретает особую значимость. Она позволяет отслеживать ключевые показатели преступности в пространстве и времени, выявлять зоны с высокой криминальной активностью, а также прогнозировать ее развитие. Кроме того, она помогает при разработке региональных программ по борьбе с преступностью. Это обеспечивает поддержку в решении широкого спектра актуальных задач, связанных с обеспечением безопасности и снижением уровня преступности [7].

Данная работа посвящена анализу размещения рекламы психоактивных веществ на территории Санкт-Петербурга с помощью геоинформационно-картографических методов и методов статистического анализа.

Материалы и методы исследования

Для исследования распространения рекламы психоактивных веществ было взято 5 модельных полигонов – *районы станций метро «Международная» и «Дыбенко», территория ЖК «Новая Охта», а также районы в муниципальных образованиях «город Красное Село» и «город Колпино»* (рис. 1), в пределах которых была проведена фотофиксация всех надписей, определена их геолокация. Модельные территории выбирались так, чтобы охватить городскую застройку различной морфологии (хрущевские панельные дома 1950-х и 1960-х гг., брежневская панельная застройка 1960-х – начала 1970-х гг., кирпичная застройка 1960-х – 1970-х гг., застройка домами улучшенной планировки конца 1970-х – 1990-х гг., застройка 2000-х гг., новая застройка) и, соответственно, периодов (с 1961 по 2022 г.). Застройка до 1917 г. в работе не рассматривалась в связи с малым количеством обнаруженной в ее пределах в ходе предварительных исследований рекламы психоактивных веществ; возможно, во внутриворонных территориях имеется большее количество рекламы, но попасть на них в подавляющем числе случаев невозможно [1].

Модельный полигон *район станции метро «Дыбенко», а также полигон ЖК «Новая Охта»* относятся к спальным районам окраины Санкт-Петербурга, на которые приходится наибольшая численность населения города, наиболее высокие темпы роста численности населения (каждое муниципальное образование (МО) из этих районов имеет прирост от 50 до 100 % относительно показателей 2010 г.), а также наибольший вклад в прирост количества многоквартирных домов с 2010 г. (каждое муниципальное образование внесло вклад более 1,5 %) [4]. Морфологический тип застройки в описываемых районах исследования – относительно молодой (брежневская панельная застройка 1960-х – начала 1970-х гг., застройка домами улучшенной планировки конца 1970-х – 1990-х гг., новая застройка) в районе станции метро Дыбенко и молодой (новая застройка) в ЖК «Новая Охта» [1]. Внутриворонные территории в ЖК «Новая Охта» отличаются обилием заборов, а также расположением объектов ритейла повседневного спроса в многоквартирных домах, где удобно (в первом случае) и выгодно (во втором случае) размещать рекламу психоактивных веществ.

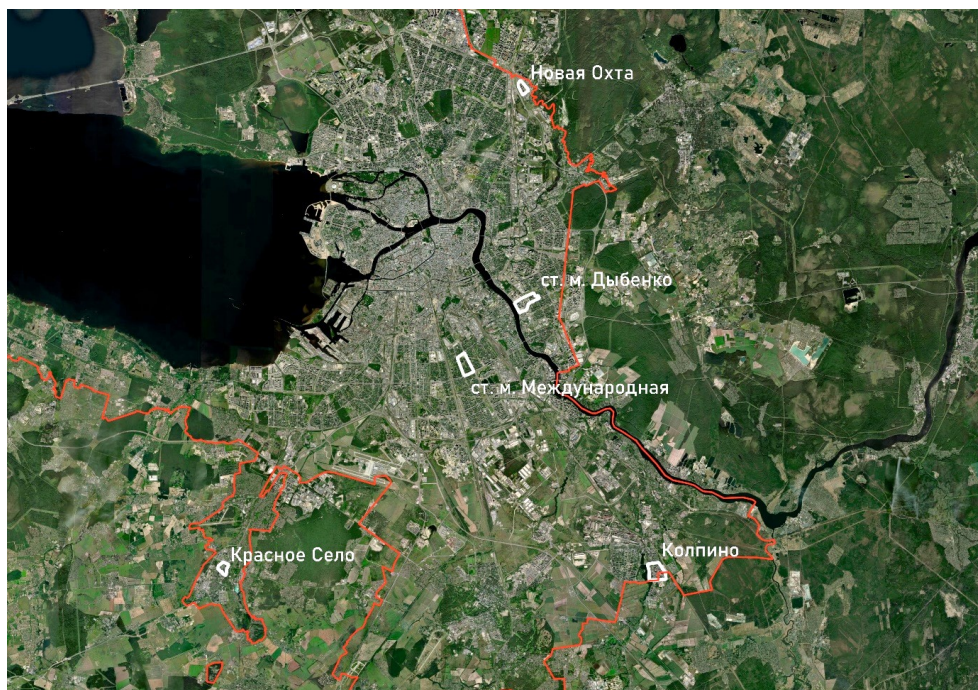


Рисунок 1 – Модельные полигоны, в пределах которых проводилось исследование

Район станции метро «Международная» (брежневской панельной застройки 1960-х – начала 1970-х гг.), а также районы муниципальных образований «город Красное Село» (хрущевских панельных домов 1950-х и 1960-х гг. и брежневской панельной застройки 1960-х – начала 1970-х гг.) и «город Колпино» (застройки домами улучшенной планировки конца 1970-х – 1990-х гг., а также застройки 2000-х гг.) не испытывали столь больших изменений, как другие два модельных полигона. Прирост численности населения для всех муниципальных образований, пересекающих представляемые три территории, незначительный (в районе 10 % относительно показателей 2010 г.); вклад в прирост общегородской площади многоквартирных домов с 2010 г. для каждой из этих МО также не существен (не более 0,5 %) [4]. Внутривосковые пространства этих территорий отличаются внушительными размерами, более разветвленной улично-дорожной сетью, большим количеством детских площадок, относительно малым количеством объектов ритейла. Это предполагает отличающийся от предыдущего случая характер размещения рекламы психоактивных веществ.

Было определено количество рекламы (помимо прочего, учитывались также и закрашенные надписи – их принадлежность именно к рекламе психоактивных веществ определялась по характерным формам закрашенных областей, соответствующим трафаретам наносимых надписей) по полигонам в целом и по различным видам объектов (гаражи; объекты торговли – отдельно стоящие супермаркеты, киоски/ларьки; трансформаторные подстанции (ТП); многоквартирные дома; мусорные баки и мусорные площадки; пешеходные дорожки; стилобаты; заборы; паркинги). Геоинформационно-пространственный анализ выполнялся в QGIS (построение буферов вокруг надписей и определение площади строений, входящих в них) и ArcGIS (построение изохрон доступности рекламы, размещенной на пешеходных дорожках). В первом случае была использована группа инструментов вектор – геометрия, во втором – Network Analyst. Численность населения многоквартирных домов была получена из открытых данных Фонда развития территорий – публичной правовой компании, специализирующейся на защите граждан – участников долевого строительства [11]. На ее сайте для каждого дома в Санкт-Петербурге, а также в большом количестве других городов России можно найти сведения об общей площади жилых помещений (в м²), этажности, годе ввода дома в эксплуатацию, количестве подъездов и лифтов. Численность проживающих также указана, но лишь для части жилищного фонда. При отсутствии этих сведений данные интерполировались исходя из известной общей площади жилых помещений и норматива по жилой площади на человека в Санкт-Петербурге [8]. Статистический анализ (например, определение долей рекламы, нанесенной на различные виды объектов) производился в Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Итоговая информация о количестве найденной рекламы психоактивных веществ представлена в таблице 1, о территориальной плотности рекламы (шт./км²) и количестве рекламы на численность населения, (шт./1 000 чел.) – в таблице 2, о количестве и доле всей и незакрашенной и полужакрашенной рекламы на различных объектах – в таблицах 3 и 4 соответственно (столбцы «прочее» включают в себя спортивные объекты, стилобаты, а также паркинги).

Таблица 1 – Общее количество, а также количество полужакрашенной и незакрашенной рекламы психоактивных веществ в пределах модельных полигонов

Название полигона	Количество рекламы, всего	Полужакрашенная реклама	Незакрашенная реклама	Примерный период застройки
Дыбенко	133	4	45	1960–1970 гг.; кон. 2010 – нач. 2020 г.
Колпино	87	2	7	1980–2000 гг.
Красное Село	636	3	21	1960 – нач. 1970 г.
Международная	453	63	83	1960 – нач. 1970 г.
Новая Охта	147	9	7	2013–2020 гг.

Таблица 2 – Территориальная плотность рекламы, шт./км² и количество рекламы на численность населения, шт./1000 чел.

Название полигона	Территориальная плотность рекламы, шт./км ²	Количество рекламы на численность населения, шт./1 000 чел.
Дыбенко	132	5,27
Колпино	75	3,46
Красное Село	1596	49,28
Международная	491	13,41
Новая Охта	406	12,88

Таблица 3 – Количество и доля всей рекламы на различных объектах

Полигон	Количество (доля) рекламы:							
	на гаражах	на объектах торговли	на МКД	на мусорных баках и площадках	на пешеходных дорожках	на ТП	на заборах	прочее
Дыбенко	1 (0,8 %)	1 (0,8 %)	86 (64,7 %)	18 (13,5 %)	9 (6,8 %)	18 (13,5 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
Колпино	1 (1,1 %)	1 (1,1 %)	75 (86,2 %)	0 (0,0 %)	1 (1,1 %)	8 (9,2 %)	0 (0,0 %)	1 (1,1 %)
Красное Село	1 (0,2 %)	1 (0,2 %)	602 (94,7 %)	10 (1,6 %)	11 (1,7 %)	11 (1,7 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
Международная	5 (1,1 %)	3 (0,7 %)	354 (78,1 %)	14 (3,1 %)	47 (10,4 %)	29 (6,4 %)	0 (0,0 %)	1 (0,2 %)
Новая Охта	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	78 (53,1 %)	0 (0,0 %)	9 (6,1 %)	12 (8,2 %)	46 (31,3 %)	2 (1,4 %)

Таблица 4 – Количество и доля незакрашенной и полужакрашенной рекламы на различных объектах

Полигон	Количество (доля) рекламы							
	на гаражах	на объектах торговли	на МКД	на мусорных баках и площадках	на пешеходных дорожках	на ТП	на заборах	прочее
Дыбенко	1 (2,0 %)	1 (2,0 %)	13 (26,5 %)	12 (24,5 %)	5 (10,2 %)	17 (34,7 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
Колпино	1 (11,1 %)	1 (11,1 %)	3 (33,3 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	3 (33,3 %)	0 (0,0 %)	1 (11,1 %)
Красное Село	1 (4,2 %)	0 (0,0 %)	6 (25,0 %)	4 (16,7 %)	8 (33,3 %)	5 (20,8 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
Международная	3 (2,1 %)	3 (2,1 %)	83 (56,8 %)	11 (7,5 %)	41 (28,1 %)	5 (3,4 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
Новая Охта	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	8 (50,0 %)	0 (0,0 %)	3 (18,8 %)	4 (25,0 %)	1 (6,3 %)	0 (0,0 %)

Модельный полигон в районе станции метро «Международная». Большая часть всей рекламы в его пределах приходится на многоквартирные дома; наибольшее количество незакрашенной рекламы в районе полигона находится на пешеходных дорожках. Среди мест размещения рекламы на описываемой территории встречаются также ларьки и гаражи, объекты, типичные для морфологических типов застройки, которые имеют место в пределах полигона. 77 % рекламы на многоквартирных домах закрашено. 32 % рекламы не закрашено или закрашено частично (т. е. реклама либо закрашена неполностью, либо просвечивается сквозь краску).

Модельный полигон в районе муниципального образования «город Красное Село». Абсолютное большинство рекламы психоактивных веществ в пределах полигона приходится на многоквартирные дома (95 %), которая закрашена в подавляющем большинстве случаев (99 %); доля незакрашенной и полужакрашенной рекламы составляет лишь 3 % – половина ее приходится на надписи на *пешеходных дорожках*; на многоквартирных домах и трансформаторных подстанциях размещено приблизительно по 25 % *такой рекламы*. Кроме того, отмечена наибольшая среди всех полигонов исследования территориальная плотность рекламы и количество рекламы на численность населения (1 596 шт./км² и 49,28 шт./1 000 чел. соответственно) (табл. 2).

Модельный полигон в районе муниципального образования «город Колпино». На пешеходных дорожках в его пределах расположена лишь одна закрашенная надпись. На многоквартирных домах полностью закрашено 96 % рекламы. Территориальная плотность рекламы и количество рекламы на численность населения зафиксирована минимальная среди всех модельных полигонов (75 шт./км² и 3,46 шт./1 000 чел. соответственно) (табл. 2).

Модельный полигон в районе станции метро «Дыбенко». В пределах полигона 65 % рекламы приходится на многоквартирные дома, по 14 % – на трансформаторные подстанции (на них также приходится наибольшая часть от всех незакрашенных и полужакрашенных надписей (35 %), которые имеют долю в 37 % от всей рекламы) и мусорные баки и мусорные площадки. От общего количества незакрашенных и полужакрашенных надписей надписи на пешеходных дорожках составляют всего 2 %.

Модельный полигон в районе ЖК «Новая Охта». В его пределах доля рекламы, которая приходится на многоквартирные дома, наименьшая для всех районов (53 %). В связи с особенностями среды почти треть надписей составляют надписи на заборах (31 %). Большая часть незакрашенной и полужакрашенной рекламы (которая имеет долю всего в 10 %) приходится на рекламу на пешеходных дорожках.

Исходя из вышеизложенных описаний модельных полигонов, можно сделать вывод, что наиболее часто наблюдаемой незакрашиваемой рекламой является реклама на пешеходных дорожках и (в меньшей степени) на трансформаторных подстанциях, а наиболее часто закрашиваемой – на многоквартирных домах. Это можно связать, с одной стороны, с более частым обновлением надписей на первых, и с другой – с работой коммунальных служб преимущественно на вторых. Кроме того, заметно отличие модельных полигонов в районе станции метро «Международная» и муниципальных образований «город Красное Село» и «город Колпино» начала 1960 – начала 2000-х гг. постройки от полигонов в районе станции метро «Дыбенко» (с застройкой 1960-х – 1970-х и конца 2010-х – начала 2020-х гг.) и ЖК «Новая Охта» (2013–2020 гг. постройки), уже в некоторой степени обозначенное в материалах и методах исследования, по доле рекламы, нанесенной на многоквартирные дома – 78 %, 95 % и 86 % для первой группы и 65 % и 53 % – для второй. Помимо этого, полигон в районе станций метро «Дыбенко» отличается от прочих внушительной долей незакрашенной и полужакрашенной рекламы (37 %), а также наибольшей долей надписей, размещенных на трансформаторных подстанциях, а также мусорных баках и мусорных площадках (по 14 %); территория в районе ЖК «Новая Охта» выделяется значительным количеством рекламы, размещенной на заборах (31 % от всех надписей). Из первой группы район станции метро «Международная» выдается наибольшим количеством полужакрашенных надписей (63).

Также, во-первых, была выявлена большая адаптированность под разветвленную структуру дорог рекламы на пешеходных дорожках относительно рекламы на прочих объектах (средняя площадь охвата 3-минутными изохронами доступности для первых составляет 16,1 тыс. м², для вторых – 6,8 тыс. м²), что наглядно обозначено на рисунке 2. Во-вторых, было определено, что реклама на многоквартирных домах и прочих сооружениях охватывает большую площадь застройки, чем на пешеходных дорожках; средний процент застроенной территории вокруг надписи в радиусе 100 метров составляет 10 % в первом случае и 4 % – во втором. В-третьих, было выявлено тяготение надписей к образовательным учреждениям (рис. 3).

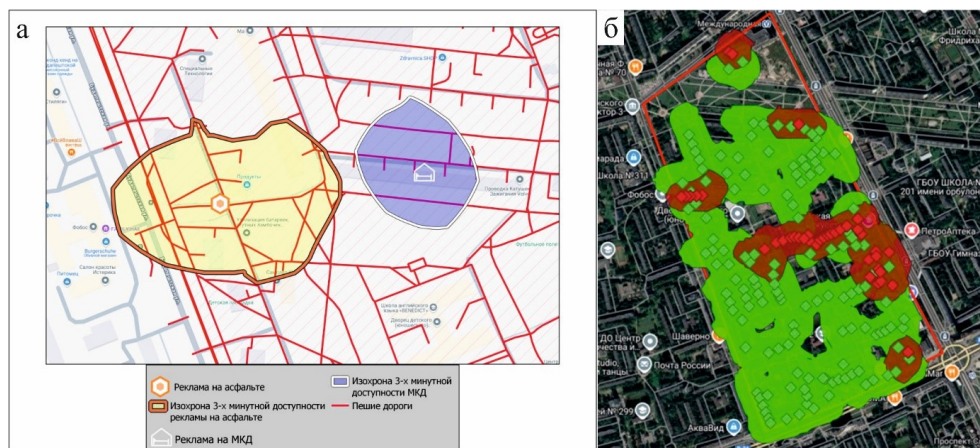


Рисунок 2 – Области, охватываемые 3-минутными изохронами доступности надписи на пешеходной дорожке и надписи на многоквартирном доме (А) и области, охватываемые изохронами доступности пешеходных дорожек (выделены красным цветом), наложенные на изохроны доступности многоквартирных домов (выделены зеленым цветом) (Б)

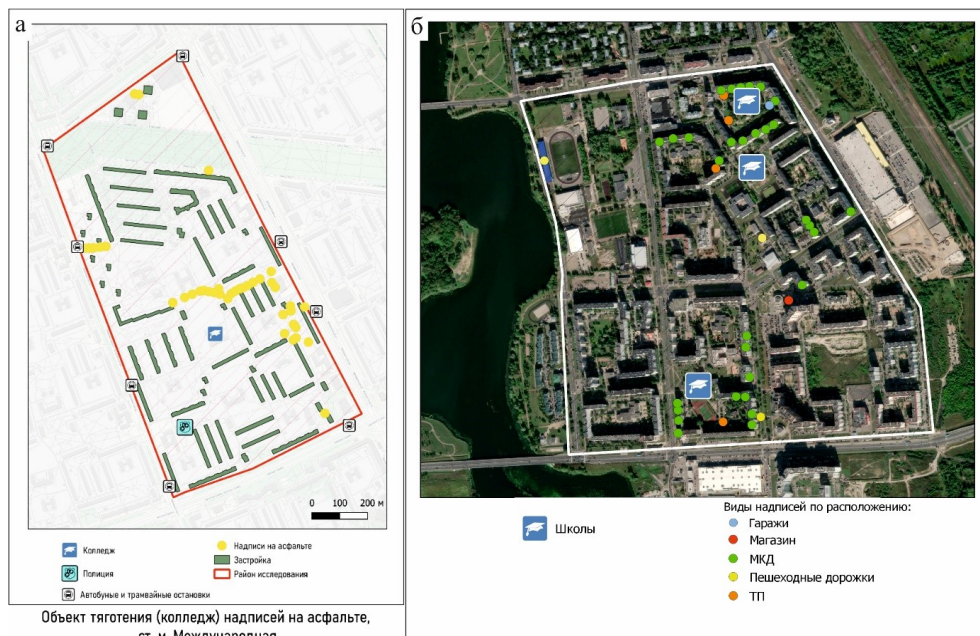


Рисунок 3 – Реклама психоактивных веществ по отношению к образовательным учреждениям на примере района станции метро «Международная» (А) и района муниципального образования «город Колпино» (Б)

Выводы

Применение ГИС- и статистического анализов к задаче анализа размещения рекламы психоактивных веществ показало свою состоятельность и актуальность. Так, для 5 модельных полигонов было определено количество общее количество, а также количество полужакрашенной и незакрашенной рекламы, количество надписей на различных объектах городской среды. Были выявлены различия в характере расположения рекламы (в доле рекламы, нанесенной на многоквартирные дома, приуроченности рекламы к тем или объектам, доле закрашенной, полужакрашенной и незакрашенной рекламы и т. д.) в зависимости от морфологии типа застройки, тяготение рекламы к образовательным учреждениям (рис. 3), большая адаптированность рекламы на пешеходных дорожках к этой сети, а также большой охват застроенной территории рекламой, приуроченной к зданиям и сооружениям.

Тем не менее исследование, несмотря на свою завершенность, может быть расширено. Так, различия в характере расположения рекламы могут рассмотрены, например, в разрезе среднего дохода населения или управляющих компаний, обслуживающих тот или иной дом. Кроме того,

можно продолжить исследование, сделав акцент в области энвайроментальной криминологии – не только с точки зрения морфологии типа застройки или наличия/отсутствия какого-либо рода учреждений, но и, например, с точки зрения освещенности улиц или озелененности территории. Улично-дорожной сети может быть учтена не только разветвленность, но и количество людей, проходящих через тот или иной ее участок и т. п.

Список литературы

1. Аксенов К. Э. Трансформация пространственной организации ритейла в постсоветском метрополисе 1989–2023: монография / Санкт-Петербургский государственный университет. Чебоксары: Среда, 2024. 260 с.
2. Бадов А. Д. География преступности в России в постсоветский период: автореф. дис. ... д-ра геогр., наук. Краснодар: КубГУ, 2009. 45 с.
3. Габияни А. А., Гачечиладзе Р. Г. Некоторые вопросы географии преступности (по материалам Грузинской ССР). Тбилиси: Изд-во Тбил. ун-та, 1982. 143 с.
4. Геоинформационная система «Гармония» // GIStechniK. Все о ГИС и их применении. URL: <http://www.gistech.ru/primenenie-gis/v-silovykh-strukturakh/gis-garmoniya> (дата обращения: 02.02.2025).
5. Лачининский С. С., Сорокин И. С., Максимович Н. В. Трансформация системы расселения Санкт-Петербургской агломерации в 2010–2020-е гг. // Географический вестник. 2023. № 3 (66). С. 41–53.
6. Лунеев В. В. География организованной преступности и коррупции в России (1997–1999 гг.) // Государство и право. 2000. № 11. С. 34–41.
7. Лунеев В. В. Преступность XX века. Мировые, региональные и российские тенденции. Москва: Норма, 1997. 497 с.
8. Махмудов Р. К., Горбань О. А. Картографо-геоинформационные методы в анализе преступности (на примере Ставропольского края) // Наука. Инновации. Технологии. 2015. № 2. С. 86–98.
9. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 11.04.2017 № 257 «Об утверждении нормативов градостроительного проектирования Санкт-Петербурга» (ред. от 19.12.2023).
10. Сикач К. Ю. Картографирование преступности как один из инструментов борьбы с ней: мировой и российский опыт // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2016. Т. 2, № 2. С. 63–72.
11. Фонд развития территорий. URL: <https://xn--80adsazqn.xn--p1aee.xn--p1ai/search?geo=reset> (дата обращения: 02.02.2025).

References

1. Aksenov K. E. *Transformation of the spatial organization of retail in the post-Soviet metropolis 1989–2023*. Cheboksary: Sreda Publ.; 2024:260 (In Russ.).
2. Badov A. D. *Crime Geography in Russia in the Post-Soviet Period*: abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Geographical Sciences. Krasnodar: KubSU; 2009:45 (In Russ.).
3. Gabiani A. A., Gachechiladze R. G. *Some Aspects of Crime Geography* (on the Materials from the Georgian Soviet Socialist Republic). Tbilisi: Publishing House of Tbilisi State University; 1982:143 (In Russ.).
4. The Geographic Information System «Harmony». *GIStechniK. Everything about GIS and their applications*. URL: <http://www.gistech.ru/primenenie-gis/v-silovykh-strukturakh/gis-garmoniya> (accessed 02.02.2025) (In Russ.).
5. Lachininskii S. S., Sorokin I. S., Maksimovich N. V. Transformation of the residential system of the St. Petersburg agglomeration in the 2010–2022. *Geographical Bulletin*. 2023;3(66):41–53 (In Russ.).
6. Luneev V. V. Geography of Organized Crime and Corruption in Russia (1997–1999). *State and Law*. 2000;11:34–41 (In Russ.).
7. Luneev V. V. *Crimes of the 20th Century: Global, Regional and Russian Trends*. Moscow: Norma Publ.; 1997:497 (In Russ.).
8. Makhmudov R. K., Gorban O. A. Cartographic and geoinformation methods in crime analysis (illustrated on Stavropol territory). *Science. Innovations. Technologies*. 2015;2:86–98 (In Russ.).
9. *Resolution of the Government of Saint Petersburg dated 11.04.2017 № 257 «On the approval of urban planning standards of Saint Petersburg»* (In Russ.).
10. Sikach K. Yu. Mapping crime as one of the tools of control include: international and Russian experience. *Geopolitics and Ecogeodynamics of regions*. 2016;2(2):63–72 (In Russ.).
11. *Fund for Territorial Development*. URL: <https://xn--80adsazqn.xn--p1aee.xn--p1ai/search?geo=reset> (accessed 02.02.2025) (In Russ.).

Информация об авторах

Максимович Н. В. – магистрант;
Тарасов А. А. – магистрант;
Иванова А. С. – магистрант;
Онацкая И. Э. – архитектор.

Information about the authors

Maksimovich N. V. – a master's student;
Tarasov A. A. – a master's student;
Ivanova A. S. – a master's student;
Onatskaya I. E. – architect.

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 13.01.2025, одобрена после рецензирования 29.01.2025, принята к публикации 14.02.2025.

The article was submitted 13.01.2025, approved after reviewing 29.01.2025, accepted for publication 14.02.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 121–124.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):121–124 (In Russ.).

Научная статья
УДК 622.33
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.016>

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КИТАЯ

Су Шаочуань¹, Луговской Александр Михайлович^{2✉}, Межова Лидия Александровна³

¹Государственный университет просвещения, Москва, Россия

²Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

³Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия

¹ssc20142014@gmail.com

²alug1961@yandex.ru✉

³lidiya09mezhova@yandex.ru

Аннотация. В целях достижения координации между крупномасштабной добычей полезных ископаемых открытым способом и охраной окружающей среды в пастбищном районе восточной Внутренней Монголии, учитывая неясный механизм воздействия разработки угля на окружающую среду в холодных, полупустынных и бесплодных почвенных условиях, а также отсутствие технологии восстановления окружающей среды, была предложена концепция «системного восстановления» и создана многоуровневая, многоэлементная, крупномасштабная долгосрочная система мониторинга экосистем при крупномасштабной открытой добыче полезных ископаемых. Исследование выявило закономерности воздействия на окружающую среду и кумулятивные эффекты крупномасштабной открытой добычи полезных ископаемых. Результаты показывают, что экологическая технология позволяет количественно оценить и определить диапазон воздействия открытой добычи полезных ископаемых на окружающую среду, значительно повысить уровень восстановления окружающей среды и добычи полезных ископаемых на открытых угольных шахтах.

Ключевые слова: добыча угля открытым способом, воздействие на окружающую среду, дренаж, экологическое восстановление карьера

Для цитирования: Су Шаочуань, Луговской А. М., Межова Л. А. Геоэкологические проблемы угольной промышленности Китая // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 124–127. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.016>.

GEOECOLOGICAL PROBLEMS OF CHINA'S COAL INDUSTRY

Su Shaochuan¹, Alexander M. Lugovskoy^{2✉}, Lydia A. Mezhova³

¹State University of Enlightenment, Moscow, Russia

²Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

³Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia

¹chikin95@list.ru

²alug1961@yandex.ru✉

³lidiya09mezhova@yandex.ru

Abstract. In order to achieve the coordination between large-scale opencast mining and environmental protection in the grassland area of eastern Inner Mongolia, considering the unclear mechanism of environmental impacts of coal mining in the cold, semiarid and barren soil conditions and the lack of environmental restoration technology, the concept of «system restoration» was proposed and a multi-level, multi-element, large-scale long-term ecosystem monitoring system for large-scale opencast mining was established. The study revealed the environmental impact patterns and cumulative effects of large-scale opencast mining. The results show that the environmental technology can quantitatively evaluate and determine the range of environmental impacts of opencast mining, greatly improve the environmental restoration and mining performance of opencast coal mines.

Keywords: opencast coal mining, environmental impact, drainage, quarry ecological restoration

For citation: Su Shaochuan, Lugovskoy A. M., Mezhova L. A. Geoeological problems of China's coal industry. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):121–124. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.016> (In Russ.).

Современная угольная промышленность в Китае относится к научно-технологической отрасли. Китай считают вторым крупнейшим потребителем и первым среди стран – импортеров угля. При этом в 2023 г. было добыто около 4,65 млрд т угля. Месторождения угля почти равномерно распределены по территории страны, для них характерны как закрытые, так открытые формы добычи в крупных государственных, государственных местных и сельских шахтах. Одной из геоэкологических проблем угледобычи Китая является социо-эколого-экономический ущерб, наносимый окружающей природной среде и здоровью человека.

Экологический ущерб угольной промышленности складывается из негативных последствий после сжигания угля, разведки его месторождений, добычи, транспортировки и хранения. Угольная отрасль Китая является одним из основных источников загрязнения атмосферы, гидросферы, биоты, почвы, ландшафтов. На территориях угледобычи с мощностью от 1 млн т угля характерно оседание почвы более 30 га. Общая площадь провалных ландшафтов превышает 600 тыс. га, при этом насчитывается более 1800 угольных терриконов, на площади почти 20 тыс. га. Особую опасность представляет их самовозгорание, в результате в атмосферу поступает угарный газ, окислы азота, сернистый ангидрид, зола. Ежегодно в воздушную среду выбрасывается более 10 млрд т углекислого газа, которые составляют 25 % всего объема выбросов на планете. На территории Китая накоплено 3,5 млрд т золошлаков. Важно отметить, что 40 % идет на производство цемента, 32 % – на производство кирпичей, 16 % – бетона. Кроме того, в золе содержится оксид алюминия около 25–30 %, по переработке золы работает 10 глиноземных заводов. Основными негативными геоэкологическими факторами, загрязняющими атмосферу, являются: использование угля, прошедшего недостаточную очистку, устаревшее оборудование угольных шахт и предприятий, низкая эффективность или отсутствие очистных сооружений по улавливанию выбросов, нерациональное использование территорий, транспортировка и хранение угля под открытым небом.

По выбросам двуокси углерода, двуокси серы страна занимает ведущее место. Наиболее острой геоэкологической проблемой Китая считают кислотные дожди, которые ярко выражены на более трети его территории. Основные геоэкологические мероприятия по снижению негативного влияния угледобычи Китая:

- в Пекине запрещено использование угля с содержанием серы выше 0,5 %;
- в крупных и средних городах и их пригородах запрещено строительство новых электростанций, работающих на угле;
- оснащение тепловых электростанций специальными воздушными фильтрами в случае, если те используют уголь с содержанием серы выше 1 %.

С 2000 г. начал действовать Закон по контролю за загрязнением воздуха, включающий положения об организации мониторинга за состоянием воздушной среды и вариантов наказаний за нарушения экологических норм. Закон предусматривает разработку и использование современных экологических технологий по очистке различных типов углей и закрытие шахт, не отвечающих экологическим требованиям. Страна занимает третье место в мировом рейтинге по степени их негативного воздействия. Среди геоэкологических проблем выделяют поступление в атмосферу угольной пыли. Концентрация пыли в Пекине в 50 раз превышает норму, большие объемы выбросов угольной пыли отмечены в Приморье в бассейне реки Янцзы, на Лессовом плато, плато Ордос, Сычуаньской котловине, на Великой Китайской равнине, в низкогорных районах Лянгуан. Чистый атмосферный воздух характерен для острова Хайнань.

Превышение ПДК твердых аэрозольных частиц (0,15 мг/куб. м) от 2 до 4,5 раз выявлено в 78 городах Китая, особенно в угольных центрах Датун, Баотоу, Фушунь, Хуайбэй. На землях, загрязненных тяжелыми металлами, выращено 12 млн т сельскохозяйственной продукции. В провинциях Внутренней Монголии Шэньси, Шаньси, Хебэй образовались на месте разработок провалы глубиной около 100 м и шириной более 1 км. За каждое пятилетие вводятся 16 угольных электростанций, и им требуется около 10 млрд т воды. Во Внутренней Монголии построено 11 новых ТЭС, но не учитывается, что для территории характерны засухи, которые усугубляют негативную экологическую ситуацию.

В Китае разработаны законодательные акты, направленные на улучшение качества окружающей среды, запрещена разработка новых шахт, где содержание серы в угле превышает 3 %. Действующие шахты с аналогичным углем обязаны ограничить производство и подготовиться к закрытию – к началу 2000 г. было закрыто около 30 тыс. шахт с высоким уровнем загрязнения, ежегодно закрывается более 1 300 шахт. Использование угля с высоким содержанием серы в городах осуществляется лишь под строгим надзором местных органов власти.

Полная статистическая экологическая база была создана в 2011–2015 гг., когда провели первую опубликованную Всекитайскую перепись источников. С каждым годом улучшается финансирование в сферу охраны окружающей среды и превышает более 1 трлн юаней в год, активно внедряются инновационные технологии. Китай ставит своей целью к 2030 г. ежегодно сокращать выброс парниковых газов. Разрабатывается эффективный механизм восстановления техногеннонарушенной среды после разработки угля.

Решение экологических проблем на современном этапе природопользования является основной во внутренней и внешней политике Китая. Китай присоединился к Рамочной конвенции ООН по глобальным климатическим проблемам, сформировал государственный орган по координации экологических мер выявления причин изменения климата, выпускает «Первоначальный национальный информационный вестник об изменении климата», выработал порядок управления объектами и механизм чистого развития, составил национальный проект по реагированию климатические изменения. климата. После конференции ООН в 1992 г. в Китае был обоснован документ

«Повестка дня Китая на XXI в.». В 2016 г. было ретифицировано Парижское соглашение, и начинается активный процесс закрытия шахт, строятся ультрасверхкритические ТЭС.

Исследования и разработка технологии открытой добычи полезных ископаемых, снижающей экологические потери, технологии эколого-стратиграфической трехмерной реконструкции и многоэлементного технология системного восстановления воды, почвы и растительности обеспечивают научную и технологическую поддержку для экологически чистой добычи полезных ископаемых на открытых угольных шахтах в Китае и энергоснабжения северо-восточного региона:

1. Комплексная технология снижения экологических потерь при добыче полезных ископаемых, дренаже и реабилитации состоит в том, что разработана технология развертывания материальных потоков, основанная на периоде экологического восстановления участка сброса грунта. Был определен период экологического восстановления от 5 до 7 месяцев, что сокращает цикл разрушения-восстановления экосистемы района добычи более чем на 1 год. К этому направлению относится и технология размещения и хранения дефицитных почв с учетом временных и пространственных ограничений, увеличился запас верхнего слоя почвы для восстановления окружающей среды.

2. Комплексная технология охраны водных ресурсов на основе метода детального контроля процесса поверхностного стока на крупномасштабных участках осушения почвы, основанного на распределенной модели взаимосвязи поверхностных вод и энергии, и технология распределенного удержания воды и борьбы с эрозией на крупномасштабных участках осушения почвы с «погруженными водноболотными угодьями» – «пруды для растений» – «каналы для растений» в качестве основы для многоцелевого комплексного водоотведения, сбора воды и водопользования. Новая модель улучшения экологической функции дренажной системы увеличивает скорость восстановления почвы, а эрозия на склоне после ремонта снижается на 60 %, влажность почвы увеличивается на 10 %, а растительный покров увеличивается на 30 %.

3. Экологическая многоэлементная комплексная технология реставрации улучшения качества почвы и повышения ее плодородия, основанная на сочетании глины и песка в пропорции 1:1 и микоризных грибов из попутной глины на основе угля, которая эффективно улучшает физическую структуру и заменяет верхний слой почвы. Максимальная эффективная способность почвы выделять фосфор в 1,5 раза выше, чем у верхнего слоя почвы, а биомасса растений может быть увеличена в 1,35 раза. Применение этой технологии позволило увеличить содержание органического вещества в почве и общего азота на 10,54 % и 14,39 % соответственно.

4. Экономические и социальные выгоды в результате исследований имеют значительные социальные преимущества и практическую ценность. Предложенные концепции и модели сокращения источников загрязнения и экологического восстановления систем крупномасштабной открытой добычи полезных ископаемых обеспечивают концептуальное руководство для безопасного, эффективного и экологичного развития угольной промышленности Китая. Выявленное воздействие на окружающую среду механизма крупномасштабной добычи полезных ископаемых открытым способом обеспечивает теоретическую основу для эффективного освоения угольных баз в восточной части лугопастбищного района и координации мер по охране и восстановлению окружающей среды.

Таким образом, угольная промышленность создает серию геоэкологических проблем глобального и регионального масштаба. Постоянно нарастают масштабы генерации, более 70 % угольных отходов идет на вторичную переработку. При этом в России перерабатывается 15 % угольных отходов. В основном их используют для производства строительных материалов, из них 60 % от общего объема идет на производство бетонов, 3 % используют в дорожном строительстве, а также для производства смеси для тушения пожаров.

Китай имеет крупные угольные месторождения, развитую транспортную инфраструктуру. Уголь играет ведущую роль в экономике КНР. Угольно-энергетическая платформа Китая – стержень китайской экономики. Наиболее остро стоят геоэкологические проблемы, которые требуют эффективного решения.

Список литературы

1. Березина Ю. И. Топливо-энергетическая база Китайской Народной Республики / Акад. наук СССР, Ин-т китаеведения. Москва: Изд-во вост. лит., 1959. 142 с.
2. Браун С. Л., Чейни Р. Л. Использование поправок для восстановления экосистемной функции на участках, подверженных воздействию добычи металлов: инструменты для оценки эффективности // Текущие отчеты о загрязнении. 2016. № 2 (2). С. 1–12.
3. Лей К., Пан Х. И., Лин С. И. Ландшафтный подход к экологическому восстановлению и устойчивому развитию горнодобывающих районов // Экологическая инженерия. 2016. № 90. С. 320–325.
4. Ли Цюаньшэн. Исследование технологии экологического восстановления угольной энергетики в восточных степях Китая // Acta Ecologica Sinica. 2016. № 36 (22). С. 7049–7053.
5. Ма С., Цай К., Ван Х. и др. Моделирование потока воды в рекультивированном отвале рудника с внедренными лигнитными фрагментами с помощью Hydrus-1D // Шахтные воды и окружающая среда. 2014. № 34 (2). С. 197–203.

6. Ма Конган, Цай Цинсян, Хань Кэци. Экспертная система для оценки пригодности добычи на открытых горных работах и экологической реконструкции // Журнал Китайского университета горного дела и технологий. 2006. № 35 (2). С. 231–234.
7. Токтар М., Папа Г. Л., Козыбаева Ф. Е. и др. Экологическое восстановление загрязненных почв Кокджонского района добычи фосфатов (Жамбылская область, Казахстан) // Экологическая инженерия. 2016. № 86. С. 1–4.
8. Шривастава Н. К., Рам Л. С., Масто Р. Э. Рекультивация вскрышных пород и низин в районе добычи угля с использованием летучей золы и селективных насаждений: устойчивый экологический подход // Экологическая инженерия. 2014. № 71 (71). С. 479–489.
9. Фань Лиминь. Научная коннотация водосберегаемой добычи полезных ископаемых // Журнал Китайского угольного общества. 2017. № 42 (1). С. 27–35.
10. Фань Лиминь, Ма Сюндэ. Обзор исследования добычи водоконсервированного угля в западном Китае // Международный журнал угольной науки и технологий. 2018. № 5 (4). С. 411–416.
11. Цай Цинсян. Оптимизационные исследования по интегрированной операции вскрышных работ и мелиорации земель на открытых карьерах / Цай Цинсян, Гао Гэнцзюнь, Шан Тао // Китайский журнал угля. 2002. № 27 (3). С. 76–280.

References

1. Berezina Yu. I. *Fuel and energy base of the People's Republic of China*. Academy of Sciences of the USSR. Institute of Chinese Studies. Moscow: Publishing House of East Literature; 1959:142 (In Russ.).
2. Brown S. L., Cheney R. L. Using corrections to restore ecosystem function in areas affected by metal mining: tools for evaluating effectiveness. *Current Pollution Reports*. 2016;2(2):1–12 (In Russ.).
3. Lei K., Pan H. I., Lin S. I. Landscape approach to ecological restoration and sustainable development of mining areas. *Environmental Engineering*. 2016;90:320–325 (In Russ.).
4. Li Quansheng. A study of the technology of ecological restoration of coal-fired power in the eastern steppes of China. *Acta Ecologica Sinica*. 2016;36(22):7049–7053 (In Russ.).
5. Ma S., Tsai K., Wang H. et al. Simulation of water flow in a reclaimed mine dump with embedded lignite fragments using Hydrus-1D. *Mine Waters and the Environment*. 2014;34(2):197–203 (In Russ.).
6. Ma Congan, Cai Qingxiang, Han Keqi. An expert system for assessing the suitability of mining in open-pit mining and environmental reconstruction. *Journal of the Chinese University of Mining and Technology*. 2006;35(2):231–234 (In Russ.).
7. Toktar M., Papa G. L., Kozybayeva F. E. et al. Ecological restoration of polluted soils in the Kokjon phosphate mining area (Zhambyl region, Kazakhstan). *Environmental Engineering*. 2016;86:1–4 (In Russ.).
8. Shrivastava N. K., Ram L. S., Mastro R. E. Reclamation of overburden rocks and lowlands in the coal mining area using fly ash and selective plantations: a sustainable ecological approach. *Environmental Engineering*. 2014;71(71):479–489 (In Russ.).
9. Fan Limin. The scientific connotation of water-conserved mining. *Journal of the Chinese Coal Society*. 2017;42(1):27–35 (In Russ.).
10. Fan Limin, Ma Xiongde. An overview of the research on the extraction of water-preserved coal in western China. *International Journal of Coal Science and Technology*. 2018;5(4):411–416 (In Russ.).
11. Cai Qingxiang, Gao Genjun, Shang Tao. Optimization studies on the integrated operation of stripping and land reclamation in open pits. *Chinese Journal of Coal*. 2002;27(3):76–280 (In Russ.).

Информация об авторах

Су Шаочуань – аспирант кафедры географии, геоэкологии и природопользования;
Луговской А. М. – доктор географических наук профессор кафедры географии;
Межова Л. А. – кандидат географических наук доцент кафедры географии и туризма.

Information about the authors

Su Shaochuan – graduate student of the Department of Geography, Geoecology and Nature Management;
Lugovskoy A. M. – Doctor of Geography, Professor, Department of Geography;
Mezhova L. A. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, 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 15.01.2025; одобрена после рецензирования 27.01.2025; принята к публикации 10.02.2025.

The article was submitted 15.01.2025; approved after reviewing 27.01.2025; accepted for publication 10.02.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 125–129.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):125–129 (In Russ.).

Научная статья
УДК 661.183.2
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.017>

БИОУГЛЕРОДНЫЕ СОРБЕНТЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Шакирова Виктория Викторовна^{1✉}, Садомцева Ольга Сергеевна²
Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия

¹svv_2004@mail.ru[✉]

²sadomtseva.olga@yandex.ru

Аннотация. Угольные сорбенты, благодаря своим уникальным свойствам, находят широкое применение в различных областях: очистка воды, почвы и воздуха от различных загрязнителей, медицина, химическая промышленность. В данной работе исследована возможность применения побегов хлопчатника и полыни в качестве исходного материала для получения угольных сорбентов. Изучены основные характеристики полученных сорбентов, а также их способность поглощать нефть и некоторые тяжелые токсичные металлы. Проведено сравнение полученных результатов с аналогичными характеристиками известных сорбентов.

Ключевые слова: угольные сорбенты, очистка воды, сорбция, хлопчатник, полынь, растительные материалы, биоматериалы

Для цитирования: Шакирова В. В., Садомцева О. С. Биоуглеродные сорбенты как перспективные материалы для очистки воды // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 125–129. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.017>.

BIOCARBON SORBENTS AS PROMISING MATERIALS FOR WATER TREATMENT

Viktoria V. Shakirova^{1✉}, Olga S. Sadomtseva²
Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

¹svv_2004@mail.ru[✉]

²sadomtseva.olga@yandex.ru

Abstract. Coal sorbents, due to their unique properties, are widely used in various fields: water, soil and air purification from various pollutants, medicine, chemical industry. In this work, the possibility of using cotton and wormwood shoots as a starting material for obtaining carbon sorbents was investigated. The main characteristics of the obtained sorbents, as well as their ability to absorb oil and some heavy toxic metals were studied. Comparison of the obtained results with similar characteristics of known sorbents was carried out.

Keywords: coal sorbents, water treatment, sorption, cottonwood, wormwood, plant materials, biomaterials

For citation: Shakirova V. V., Sadomtseva O. S. Biocarbon sorbents as promising materials for water purification. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):125–129. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.017> (In Russ.).

Введение

Активированный уголь – это пористый углеродный материал с высокой удельной поверхностью, получаемый в результате специальной обработки углеродсодержащих веществ. Согласно прогнозам [1], рынок активированного угля будет демонстрировать среднегодовой темп роста 9 %. Это связано с ростом спроса на активированный уголь для широкого спектра применений, таких как очистка воды и сточных вод, переработка продуктов питания и напитков, промышленные химикаты, фармацевтика и медицина, автомобилестроение, очистка газа и воздуха, горнодобывающая промышленность и др.

Производство активированного угля отличается широким спектром исходного сырья, включая древесный и каменный уголь, торф, скорлупу кокосовых орехов, косточки плодовых культур и другие материалы. Ограниченность ряда этих ресурсов является фактором, сдерживающим развитие рынка активированного угля, и приводит к повышению его стоимости.

Использование растительного сырья в качестве сорбентов для очистки воды представляет собой перспективное направление, обусловленное целым рядом преимуществ. Во-первых, это экологическая устойчивость и возобновляемость, что снижает зависимость от исчерпаемых ископаемых источников и риск вторичного загрязнения, способствует утилизации отходов сельского хозяйства

и пищевой промышленности. Во-вторых, экономическая доступность и низкая стоимость. Такое сырье часто является недорогим и доступным, простые методы модификации позволяют создавать эффективные сорбенты без использования дорогостоящего оборудования и сложных химических процессов. Растительные материалы обладают развитой пористой структурой и содержат разнообразные функциональные группы, способные эффективно связывать различные типы загрязнителей, что обеспечивает высокую сорбционную способность и селективность.

В настоящем исследовании предпринята попытка создания угольных сорбентов с применением растительного сырья Астраханского региона. В качестве биоматериала использовали хлопчатник, содержащий целлюлозу, лигнин и другие компоненты, которые при определенной обработке могут образовывать пористую структуру с высокой адсорбционной способностью. Компания «Русский хлопок» в Астраханской области успешно занимается выращиванием хлопчатника и к 2025 г. планирует увеличить площади до трехсот гектаров.

Материалы и методы

Для получения сорбентов использовали стебли хлопчатника, которые являются основным отходом хлопкового производства, а также побеги полыни, в большом количестве произрастающей на территории Астраханского региона. Полынь и хлопчатник содержат лигнин, целлюлозу и гемицеллюлозу, которые являются основными компонентами растительной биомассы и могут быть преобразованы в биоуголь. Доступность и распространенность полыни и большие объемы отходов стеблей хлопчатника делают их экономически привлекательным сырьем для производства угольных сорбентов.

Экспериментальное исследование включало проведение исследования процессов адсорбции ионов свинца (II) и железа (III) на полученных сорбентах. Исследование проводили на модельных растворах известной концентрации, содержание ионов металлов контролировали ионометрическим методом. Для поддержания ионного равновесия использовали буферный раствор постоянной ионной силы.

Результаты и обсуждения

Растительное сырье было модифицировано путем процесса карбонизации [3]. Карбонизация биомассы имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами модификации. Отметим, что карбонизация является важным этапом в производстве угольных сорбентов, предоставляющим множество преимуществ, включая увеличение содержания углерода, формирование пористой структуры, удаление примесей и подготовку материала к активации. Это делает процесс карбонизации экономически выгодным и экологически целесообразным.

В ходе получения угольного сорбента из биомассы отходов хлопчатника и полыни опирались на уже известную методику [4]. Растительное сырье подвергали измельчению и последующей термообработке в муфельной печи при 750–800 °С в течение 20–30 минут. Полученный угольный материал промывали в холодной дистиллированной воде для удаления пыли и водорастворимых зольных компонентов. Затем материал измельчали в ступке и фракционировали с помощью сита (рис. 1).

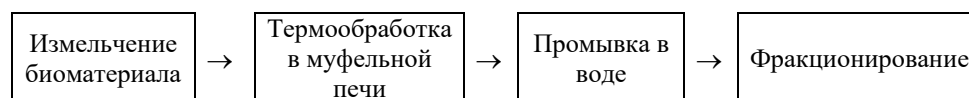


Рисунок 1 – Схема создания угольного сорбента

В результате экспериментального исследования были определены ключевые характеристики новых сорбентов, такие как содержание влаги, насыпная плотность и удельная поверхность (по адсорбции кристаллического фиолетового) [2, 6]. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика основных свойств полученного сорбента с аналогами [5]

Параметры	Угольные сорбенты					
	сорбент из полыни	сорбент из хлопчатника	аналоги			
			шелуха риса	тростник	скорлупа ореха	уголь (акт.)
Влажность, %	3,46	2,6	3,5	2,1	11,3	< 5
Насыпная плотность, г/дм ³	673,5	483,5	441,0	485,5	413,8	550
Удельная поверхность, м ² /г	396,6	586,0	589,2	230,982	237,0	около 1000

Комментируя данные в таблице 1, представляется возможным сделать следующие заключения:

- согласно стандарту, массовая доля влаги в активированном угле не должна превышать 5 %. Полученные нами результаты показывают, что содержание влаги в синтезированных сорбентах на основе хлопчатника и полыни составляет соответственно 2,6 % и 3,46 %. Полученное значение влажности образцов находится в пределах допустимых значений и не превышает нормы;

- показатель насыпной плотности созданного сорбента на основе хлопчатника незначительно ниже, чем у активированного угля. Насыпная плотность сорбента из полыни превышает таковую у активированного угля. Отметим, что насыпная плотность является ключевым параметром, определяющим эффективность сорбента, так как знание этой характеристики позволяет рассчитать необходимый объем материала и, следовательно, высоту его слоя при практическом применении;

- удельная поверхность угольного сорбента на основе хлопчатника уступает значениям удельной поверхности активированного угля в 1,7 раза, а сорбента из полыни – в 2,5 раза. Чем больше удельная поверхность, тем больше доступных мест для взаимодействия с сорбируемыми веществами и тем выше потенциальная сорбционная способность материала.

Была исследована способность новых сорбентов поглощать нефть. Полученное значение нефтепоглощения составило 0,57 г/г для угольного сорбента на основе хлопчатника и 0,53 г/г для сорбента на основе полыни. Для сравнения аналогичный показатель активированного угля 0,5 г/г, что дает возможность использовать полученные образцы сорбентов на основе растительного сырья в качестве нефтяного сорбента. Отметим, что это важная характеристика для сорбентов, используемых при ликвидации разливов нефти и очистке сточных вод от нефтепродуктов. Чем выше нефтеемкость, тем более эффективным является материал в качестве сорбента для сбора нефти.

Одним из важных показателей нефтяных сорбентов является плавучесть. Материал, обладающий хорошей плавучестью, эффективно используется для создания бонов, матов и салфеток, предназначенных для сбора нефти на поверхности воды [7]. В ходе проведения эксперимента по определению плавучести установлено, что в первые двенадцать часов оседания частиц сорбента не наблюдалось. Только через сутки произошло оседание сорбента на примерно на 20 %. Также отметим, что сорбент вместе с поглощенными нефтепродуктами достаточно легко можно устранить с поверхности воды.

Также был проведен эксперимент по оценке полученных угольных материалов сорбировать ионы тяжелых токсичных металлов на примере ионов железа (III) и ионов свинца (II). Кривые зависимости потенциала от времени представлены на рисунках 2–5.

Согласно данным, представленным на рисунках 2–5, ионы железа (III) и ионы свинца (II) достаточно хорошо поглощаются угольными сорбентами на основе полыни и хлопчатника. Поглощение основной массы ионов металлов на 75–80 % происходит за первые 10 минут, а равновесие в системе наступает примерно за 20–25 минут. Полученные в ходе эксперимента данные позволили рассчитать константы кинетики сорбции и основные характеристики образования адсорбционного активированного комплекса (табл. 2).

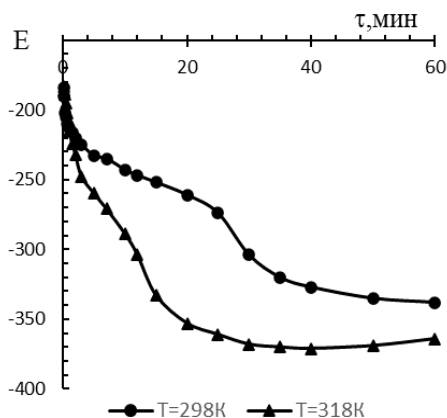


Рисунок 2 – Кривые кинетики сорбции ионов свинца (II) на угольном сорбенте на основе хлопчатника

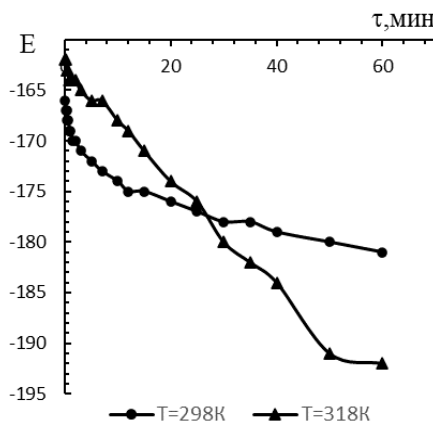


Рисунок 3 – Кривые кинетики сорбции ионов свинца (II) на угольном сорбенте на основе полыни

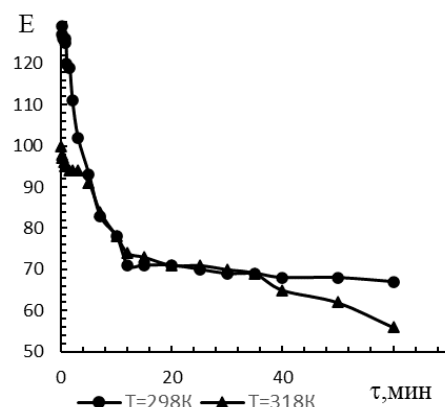


Рисунок 4 – Кривые кинетики сорбции ионов железа (III) на угольном сорбенте на основе хлопчатника

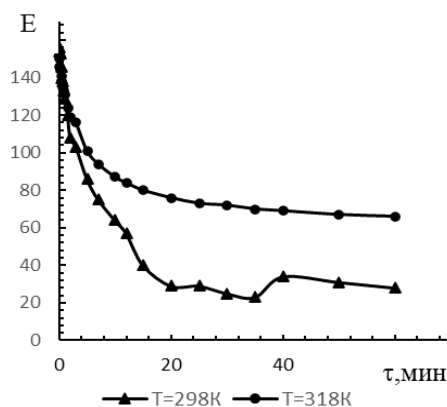


Рисунок 5 – Кривые кинетики сорбции ионов железа (III) на угольном сорбенте на основе полыни

Таблица 2 – Параметры процесса образования активированного комплекса

Сорбент	Константы скорости сорбции, мин ⁻¹		Е _{акт} , кДж/моль	–ΔS [#] ₂₉₈ , Дж/·мольК
	К ₂₉₈	К ₃₁₈		
	Ионы железа (III)			
Сорбент из полыни	1,03	1,94	24,94	242,8
Сорбент из хлопчатника	1,23	2,04	19,93	249,6
Ионы свинца (II)				
Сорбент из полыни	2,72	5,2	25,53	226,7
Сорбент из хлопчатника	3,06	6,21	27,88	222,1

Полученные данные позволяют предположить, что адсорбция ионов железа (III) и свинца (II) представляет собой хемосорбционный процесс. В нашем случае наблюдается одновременно формирование слабой водородной связи (хемосорбция) и ван-дер-ваальсовых взаимодействий.

Таким образом, новые сорбенты на основе отходов переработки хлопчатника и полыни обладают достаточно высокой сорбционной способностью, насыпной плотностью и хорошей плавучестью. Это делает полученные сорбенты перспективными для очистки сточных вод от нефтепродуктов и тяжелых токсичных металлов.

В заключение отметим, что разработка сорбентов на основе растительного сырья является актуальным и перспективным направлением исследований, которое способствует решению сложных экологических проблем, обеспечивает экономическую целесообразность и способствует переходу к более устойчивым и экологически безопасным технологиям очистки воды. Дальнейшие исследования в этой области позволят создать эффективные, экономически доступные и экологически чистые решения для обеспечения населения планеты качественной и безопасной водой.

Список литературы

1. Анализ рынка активированного угля в России в 2019–2023 г, прогноз на 2024–2028 г. URL: https://businessstat.ru/images/demo/activated_carbon_russia_demo_businessstat.pdf (дата обращения: 22.03.2024).
2. Дворянкин Д. Ю., Сафонова М. Е., Клепалова И. А., Перова И. Г. Углеродные сорбенты на основе древесных и растительных отходов // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 1 (88). С. 171–180.
3. Джаббарова Н. Э., Курбанова Л. Н., Гасанова М. Б. Исследование возможности переработки скорлупы лесного ореха в активные угли // Проблемы современной науки и образования. 2024. № 3 (190). С. 5–9.
4. Патент RU 2-565-194-C2. Способ получения сорбента на основе углеродного материала. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2565194C2_20151020.
5. Спицын А. А., Минич М. И., Пономарев Д. А., Богданович Н. И. Сравнение адсорбционной способности углеродных сорбентов из различных растительных предшественников // Химия растительного сырья. 2021. № 4. С. 345–350.
6. Хайитов Р. Р., Наубеев Т. Х., Сапашов И. Я., Хайдаров Б. А., Абдикамолдов Д. Х. Определение физико-химических и адсорбционных характеристик нового активированного угля из косточек урюка // Universum: технические науки. 2017. № 2 (35). С. 80–84.
7. Якубовский С. Ф., Булавка Ю. А. Анализ сорбционной способности по отношению к нефти и нефтепродуктам природных растительных материалов // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. 2022. № 10. С. 115–120.

References

1. *Analysis of Activated Carbon Market in Russia 2019–2023, forecast 2024–2028*. URL: https://businessstat.ru/images/demo/activated_carbon_russia_demo_businessstat.pdf (accessed 22.03.2024) (In Russ.).
2. Dvoryankin D. Y., Safonova M. E., Klepalova I. A., Pervova I. G. Carbon sorbents based on wood and plant wastes. *Forests of Russia and management in them*. 2024;1(88):171–180 (In Russ.).
3. Jabbarova N. E., Kurbanova L. N., Hasanova M. B. Study of the possibility of processing of hazelnut shells into active coals. *Problems of Modern Science and Education*. 2024;3(190):5–9 (In Russ.).
4. *Patent RU 2-565-194-C2. Method of obtaining a sorbent based on carbon material*. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2565194C2_20151020 (In Russ.).
5. Spitsyn A. A., Minich M. I., Ponomarev D. A., Bogdanovich N. I. Comparison of adsorption capacity of carbon sorbents from different plant precursors. *Chemistry of Plant Raw Materials*. 2021;4:345–350 (In Russ.).
6. Khayitov R. R., Naubeev T. H., Sapashov I. Ya., Khaidarov B. A., Abdikamolov D. H. Determination of the physicochemical and adsorption characteristics of a new activated carbon from the seeds of oysters. *Univer-sum: Technical Sciences*. 2017;2(35):80–84 (In Russ.).
7. Yakubovsky S. F., Bulavka Yu. A. Analysis of the sorption capacity in relation to oil and oil products of natural plant materials. *Bulletin of the Polotsk State University. Series B. Industry. Applied Sciences*. 2022;10:115–120 (In Russ.).

Информация об авторах

Шакирова В. В. – кандидат химических наук, доцент;
Садомцева О. С. – кандидат химических наук, доцент.

Information about the authors

Shakirova V. V. – Candidate of Sciences (Chemical), Associate Professor;
Sadomceva O. S. – Candidate of Sciences (Chemical), Associate 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.

Статья поступила в редакцию 15.01.2025; одобрена после рецензирования 30.01.2025; принята к публикации 12.02.2025.

The article was submitted 15.01.2025; approved after reviewing 30.01.2025; accepted for publication 12.02.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 130–136.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):130–136 (In Russ.).

Научная статья
УДК 711.4+528.7
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.018>

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО ВЛИЯНИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Шарова Ирина Сергеевна^{1✉}, Филиппова Камилла Газинуровна, Колесников Артем Сергеевич

Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
¹is_sharova@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0003-0088-4849>

Аннотация. Одним из ключевых аспектов устойчивого развития Астраханской области является комплексная оценка земель рекреационного назначения в аридных природно-территориальных комплексах. Эти территории играют важную роль в поддержании биологического разнообразия региона, обладая уникальными экосистемами, которые включают пашни, пастбища, сенокосы и другие природные комплексы. Благодаря своему климату Астраханская область имеет значительный потенциал для рекреационного использования. Однако неконтролируемый поток туристов может привести к загрязнению и ухудшению состояния экосистем, что вызывает опасения у экологов и местных жителей. Для решения этих проблем необходимо проведение регулярного мониторинга экосистем, а также внедрение системного подхода к оценке и управлению земельными ресурсами.

Ключевые слова: земли рекреационного назначения, мониторинг, оценка, деградация, экосистемы, рекреационные нагрузки

Для цитирования: Шарова И. С., Филиппова К. Г., Колесников А. С. Анализ современного влияния рекреационной деятельности на природные комплексы Астраханской области // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 130–136. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.018>.

ANALYSIS OF THE CURRENT IMPACT OF RECREATIONAL ACTIVITIES ON THE NATURAL COMPLEXES OF THE ASTRAKHAN REGION

Irina S. Sharova^{1✉}, Kamilla G. Filippova, Artem S. Kolesnikov
Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
¹is_sharova@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0003-0088-4849>

Abstract. One of the key aspects of sustainable development in the Astrakhan region is the comprehensive assessment of lands designated for recreational use in arid natural-territorial complexes. These areas play a crucial role in maintaining the region's biodiversity, with unique ecosystems that include arable lands, pastures, meadows, and other natural complexes. Due to its climate, the Astrakhan region has significant potential for recreational use. However, uncontrolled tourist flows may lead to pollution and the degradation of ecosystems, which raises concerns among ecologists and local residents. To address these issues, regular ecosystem monitoring is necessary, along with the implementation of a systematic approach to the assessment and management of land resources.

Keywords: earth of recreational appointment, monitoring, analysis and assessment, categories of lands, degradation

For citation: Sharova I. S., Filippova K. G., Kolesnikov A. S. Analysis of the current impact of recreational activities on the natural complexes of the Astrakhan region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):130–136. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.018> (In Russ.).

Природа играет важнейшую роль в развитии туристической отрасли, а живописные ландшафты являются одним из главных факторов, привлекающих путешественников. В условиях современного рынка природные ресурсы становятся решающим элементом, способствующим росту туризма в определенных регионах.

Примером того, как уникальные природные комплексы могут привлекать туристов, служат дельта и пойма Прикаспийской низменности. Водные экосистемы рек Волги и Ахтубы, пойменные луга и дубравы создают неповторимый образ этой территории. В последние годы наблюдается тенденция, когда все больше туристов предпочитают отдых в низовьях Волги вместо традиционных курортов Краснодарского края или зарубежных направлений. Это объясняется не только живописными природными пейзажами, но и возможностью активного отдыха, такого как рыбалка, охота или прогулки на свежем воздухе.

Дельта и пойма Волги – это уникальные природные объекты, включающие водно-болотные угодья, которые соответствуют международным стандартам Рамсарской конвенции. Эти территории имеют ключевое значение для сохранения биоразнообразия, так как являются домом для редких видов флоры и фауны. Например, Ахтубинское поозерье – важная орнитологическая зона международного значения, где проходят миграции и гнездование водно-болотных птиц, в том числе редких и исчезающих видов.

Кроме того, в регионе расположены последние естественные нерестилища осетровых рыб, что делает его привлекательным для рыболовов. Здесь находится старейший биосферный заповедник, который играет важную роль в охране экосистем и сохранении природных ландшафтов. Заповедник не только защищает редкие виды, но и служит научной базой для исследований экологии и устойчивого природопользования.

Таким образом, дельта и пойма Прикаспийской низменности – это не только туристическая ценность, но и важный объект для охраны природы. Привлечение туристов в этот регион способствует развитию экотуризма, ориентированного на сохранение природных ресурсов и рациональное использование экосистем. Это, в свою очередь, приведет к созданию новых рабочих мест и улучшению уровня жизни местного населения, что является важным элементом устойчивого развития региона.

Оценка сукцессионных стадий развития растительности необходима для определения и прогнозирования рекреационных нагрузок, что, в свою очередь, позволяет разработать рекомендации для повышения устойчивости почвенно-растительного покрова.

Пригодность территории для рекреационного использования оценивается по трем основным критериям:

1. Функциональный – оценивается физическая пригодность природных условий для отдыха, включая климатические, гидрографические, гидрологические, растительные и орографические факторы.
2. Гигиенический – анализируется качество воды, состояние атмосферного воздуха, уровень заболоченности, а также соблюдение тишины, что влияет на санитарные условия.
3. Эстетический – учитывается привлекательность ландшафта, включая разнообразие и гармонию природных элементов, форму и цветовую палитру, панорамные виды и степень экзотичности региона.

Все эти характеристики ярко проявляются в Волго-Ахтубинской пойме.

Согласно Федеральному закону от 14.03.1995 № 33-ФЗ (в ред. от 30.12.2008 № 309-ФЗ) «Об особо охраняемых природных территориях», особо охраняемые природные территории (ООПТ) представляют собой участки земли, водных поверхностей и воздушного пространства, где находятся природные комплексы и объекты, обладающие исключительным природоохранным, научным, культурным, эстетическим, рекреационным и оздоровительным значением. Эти территории полностью или частично изъяты из хозяйственного использования решением государственных органов и находятся под специальным режимом охраны.

ООПТ – это уникальные и незаменимые уголки планеты, имеющие высокую ценность как для экосистем, так и для человечества в целом. Они представляют собой общенациональное достояние, требующее тщательного внимания и защиты. Особый правовой статус ООПТ гарантирует сохранение их природных ресурсов и поддержание устойчивого развития региона. Охрана этих территорий осуществляется природоохранными органами в соответствии с законодательством и с учетом уникальных характеристик каждой из них.

Существует несколько типов особо охраняемых природных территорий (ООПТ), каждая из которых имеет свои особенности и цели:

Государственные природные заповедники: это территории, являющиеся «жемчужинами» природы, которые сохраняют наиболее ценные участки дикой природы. Заповедники создаются с целью охраны биологического разнообразия, проведения научных исследований и экологического мониторинга. Здесь запрещена любая хозяйственная деятельность, за исключением научных исследований.

Биосферные заповедники: эти территории представляют собой экосистемы, включающие разнообразные ландшафты и зоны с различными режимами охраны. Биосферные заповедники являются международными центрами для научных исследований, образования и экотуризма.

Государственные природные заказники: эти территории создаются для охраны редких и исчезающих видов растений и животных, а также для сохранения биологического разнообразия. В заказниках ограничены виды хозяйственной деятельности, которые могут негативно повлиять на сохранение природных объектов.

Естественные парки: эти территории предназначены для отдыха, туризма и образовательных целей. На их территории разрешена ограниченная хозяйственная деятельность, которая

не наносит ущерба природе. Естественные парки дают возможность людям ближе познакомиться с природой и расширить свои знания о мире.

Муниципальные естественные заказники: эти территории находятся в ведении местных властей и создаются для охраны уникальных ландшафтов, а также для регулирования природных процессов. Они играют важную роль в сохранении местной флоры и фауны.

Природные монументы: это участки, обладающие уникальными геологическими, геоморфологическими, ботаническими или зоологическими особенностями. Эти территории подлежат строгой охране и используются для научных исследований и экологического просвещения.

Дендрологические парки и агроботанические сады: эти территории являются коллекциями растений различных видов и сортов. Они служат для научных исследований, образовательных целей и могут использоваться для отдыха и рекреации.

Лечебно-оздоровительные местности и курорты: эти территории обладают природными лечебными ресурсами, такими как минеральные воды, лечебные грязи и особый климат. Они предназначены для профилактики и лечения различных заболеваний, а также для общего оздоровления.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) играют важнейшую роль в сохранении биологического разнообразия, поддержке устойчивого развития и обеспечении благосостояния человека. Эти территории предоставляют такие ресурсы, как чистая вода, воздух, пища, сырье и эстетическое удовольствие. Защищая ООПТ, мы создаем условия для того, чтобы будущие поколения могли жить в здоровой и красивой окружающей среде.

На северной части Волго-Ахтубинской поймы находятся четыре природных памятника, расположенных на территории Астраханской области, а также национальный парк Волгоградской области «Волго-Ахтубинская пойма»:

1. «Остроосоковый, ситнягово-костровый и кострово-подмаренниковый луг (Капустиноярский)» – ботанический памятник природы, созданный в 1985 г. с целью сохранения участка, представляющего типичные естественные луговые экосистемы Волго-Ахтубинской поймы. Здесь можно найти сообщества остроосоковых, ситнягово-костровых и кострово-подмаренниковых лугов.

2. «Ступинский» – ботанический памятник природы, созданный в 1989 г. для сохранения участка дубового леса. Площадь дубравы составляет 3 гектара.

3. «Бундинская дача» – ботанический памятник природы общей площадью около 488 гектаров, созданный в 1989 г. Этот памятник был учрежден для охраны дубового леса, расположенного на южной границе ареала дуба черешчатого, и имеет важное природоохранное, научное и эстетическое значение.

На всех указанных памятниках природы нет специально оборудованных экотроп, а туристическая деятельность носит стихийный характер, что негативно сказывается на рекреационном и природном потенциале этих территорий.

Природный парк «Волго-Ахтубинская пойма» расположен в Волгоградской области и был создан в 2000 г. Категория «природный парк» была присвоена в соответствии с Федеральным законом «Об особо охраняемых природных территориях» и Законом Волгоградской области № 641-ОД «Об особо охраняемых природных территориях Волгоградской области» от 7 декабря 2001 г. Общая площадь парка составляет 153 855,16 гектаров.

На территории природного парка можно выделить следующие особенности:

- водно-болотные угодья;
- нерестилища;
- места скопления водно-болотных птиц, включая редкие виды, находящиеся под угрозой исчезновения;
- гнездовья орлана-белохвоста;
- места произрастания реликтовых растений, таких как папоротники;
- уникальное сочетание водно-болотных угодий и галерейных дубрав.

Одной из главных задач природного парка является создание комфортных условий для отдыха, включая массовый туризм, при этом важно сохранить рекреационные ресурсы. В этом контексте особую роль играют экологические тропы, которые способствуют природоохранному воспитанию, в частности, среди школьников и студентов. Эти тропы помогают развивать экологическую культуру, а также уменьшают негативное воздействие на природу, направляя потоки туристов в определенные зоны, что позволяет минимизировать разрушительное воздействие на окружающую среду.

Экологические тропы проектируются с учетом особенностей местной флоры и фауны, а также направлены на минимизацию человеческого воздействия на экосистему. Такие тропы могут включать информационные стенды, на которых посетители могут узнать о местных растениях и животных, а также ознакомиться с принципами устойчивого развития и охраны окружающей среды. Это позволяет туристам не только наслаждаться природой, но и получать знания о ее защите.

Одной из проблем, с которой сталкиваются природные парки, является необходимость создания удобных условий для отдыха. Это включает в себя организацию инфраструктуры, такой как смотровые площадки, зоны для отдыха и пикников, а также санитарные узлы, что способствует улучшению качества туристического сервиса и сохранению природного баланса.

Все эти элементы должны быть органично вписаны в природный ландшафт, чтобы не нарушать баланс экосистемы. Помимо этого, необходимо поддерживать рекреационные ресурсы, что включает регулярное обслуживание и обновление экологических троп, а также мероприятия по очистке территории от мусора и восстановлению поврежденных участков.

Такой подход не только улучшает условия для отдыха, но и способствует повышению осведомленности посетителей о важности бережного отношения к природе. Важным аспектом является привлечение местного населения к охране природы. Это может осуществляться через волонтерские программы, где жители принимают участие в организации экотуров, проведении образовательных мероприятий и мониторинге состояния экосистем. Таким образом, природные парки становятся не только местом для отдыха, но и центрами экопросвещения и активного участия в охране окружающей среды.

Таким образом, экологические тропы в природных парках не только способствуют организации отдыха, но и играют важную роль в воспитании экологической сознательности, охране природы и поддержании рекреационных ресурсов. Они являются связующим звеном между человеком и природой, помогая создать баланс между отдыхом и сохранением экосистем.

Таким образом, экологические тропы в природных парках не только помогают организовать отдых, но и играют ключевую роль в воспитании экологического сознания, охране природы и поддержании рекреационных ресурсов. Они становятся связующим звеном между человеком и природой, способствуя гармонии между отдыхом и сохранением экосистем.

В последние годы возникла серьезная проблема, связанная с неконтролируемым наплывом туристов, что приводит к загрязнению и деградации земельных, растительных и водных ресурсов в поймах и дельтах рек. Особенно остро эта проблема проявляется в регионах, где отсутствуют специально оборудованные экологические тропы, контрольно-пропускные пункты и визит-центры. Без должной инфраструктуры и контроля туристическая активность становится причиной разрушительных последствий для окружающей среды. Анализ расположения турбаз и организации отдыха показывает, что территории пойм и дельт сталкиваются не только с перегрузкой рекреационных ресурсов, но и с чрезмерной плотностью посещений отдельных участков. Это приводит к неорганизованности и беспорядочности рекреационного процесса, что, в свою очередь, негативно влияет на состояние экосистем.

В некоторых местах наблюдается большое скопление туристов, использующих одни и те же маршруты, что приводит к вытаптыванию растительности и нарушению экосистемных процессов. Рекреационная нагрузка оказывает значительное влияние на состояние почвенно-растительного покрова, вызывая его деградацию. Хотя эти изменения могут быть локальными, их воздействие на общую экосистему все равно ощутимо. Одной из основных причин ухудшения состояния окружающей среды является массовое передвижение людей по определенным тропам, что нарушает водно-воздушный режим почвы.

Уплотнение почвы ухудшает ее структуру, снижает пористость и, как следствие, значительно сокращает численность почвенных организмов, таких как черви и микроорганизмы, которые играют ключевую роль в поддержании здоровья экосистемы. Для решения этих проблем необходимо внедрить эффективные меры управления туристическими потоками.

Создание экологически безопасных троп, установка контрольно-пропускных пунктов и визит-центров могут существенно улучшить ситуацию. Эти меры не только помогут сохранить природные ресурсы, но и повысят осведомленность туристов о важности охраны окружающей среды. Вдобавок необходимо проводить образовательные программы, которые привлекут внимание к проблемам экологии и устойчивого туризма.

Также важно внедрить систему мониторинга, которая позволит отслеживать состояние экосистем и оценивать влияние рекреационной деятельности на природу. Это поможет своевременно выявлять проблемные участки и принимать меры для их защиты. В конечном итоге устойчивый подход к организации туризма может обеспечить гармоничное сосуществование человека и природы, что является основой для сохранения уникальных природных территорий.

Уплотнение почвы на тропинках снижает ее водопроницаемость более чем в 7 раз по сравнению с теми участками, где отсутствуют признаки поверхностного уплотнения.

В Астраханской области ведется мониторинг уже более 50 лет. Это позволяет отслеживать изменения в составе флоры и продуктивности растительных сообществ под воздействием антропогенных факторов, таких как сброс воды в нижнем бьефе Волгоградского гидроузла в весенне-летний период и интенсивное сельскохозяйственное использование природных ресурсов поймы.

Мониторинг также позволяет оценить рекреационную нагрузку на природные комплексы в пределах поймы (табл.). На основе анализа текущего воздействия рекреационной деятельности можно выявить экосистемы, которые наиболее подвержены влиянию туризма и отдыха.

Оценка пейзажного разнообразия проводится для типов природно-территориальных комплексов (ПТК) и природно-акваториальных комплексов (ПАК). На первом этапе анализируются пространственные характеристики, определяемые на основе степени залесенности территории. ПАК относится к открытым пространствам, в то время как ПТК делятся на три группы:

1. Открытые пространства (залесенность менее 20 %);
2. Полуоткрытые пространства (залесенность 20–60 % с системой взаимосвязанных пространств);
3. Закрытые пространства (залесенность более 60 %).

В процессе оценки конкретных территорий важно также учитывать границы между ПТК и ПАК, что требует анализа следующих факторов:

- максимальная сумма баллов, полученная для одного из соседних ПТК и ПАК;
- оценка контрастности границ двух соседних комплексов.

Контрастность границ отражает степень различия между соседними территориями. Оценка контрастности проводится по шкале от 0 до 16 баллов, в зависимости от показателей пейзажного разнообразия природных комплексов.

Таблица – Оценка пейзажного разнообразия природно-территориальных комплексов

Горизонтальное разнообразие				Вертикальное разнообразие			
Сверхоткрытые пространства (водоемы и крупные водотоки)							
Изрезанность берега (% протяженности берег, линии $KP = 21+2Я$)*		Число урочищ, выход на 1 км береговой линии		Изрезанность берега (% протяженности бе- рег, линии $KP = 21+2Я$)*		Глубина перспективы (наиболее встречае- мая), км	
Характеристика	Оценка	Характери- стика	Оценка	Характери- стика	Оценка	Характери- стика	Оценка
Более 200	4	Более 4	4	Более 200	4	1–2	4
150–200	2	2–4	2	150–200	2	Более 2	2
Менее 150	0	Менее 2	0	Менее 150	0	Менее 1	0
Горизонтальное разнообразие				Вертикальное разнообразие			
Частота перегибов рельефа (на 1 км профиля)		Разница высотных отметок, м		Степень соответствия полого растительности рельефу			
Характеристика	Оценка	Характеристика	Оценка	Характеристика	Оценка	Характеристика	Оценка
Полуоткрытые пространства (залесенность 20–60%)							
Более 6	8	Более 10	4	Усиливает	4		
6–3	4	3–10	2	Повторяет	2		
Менее 3	0	Менее 3	0	Нивелирует	0		
Частота перегибов рельефа (на 1 км профиля)		Разница высотных отметок, м		Наличие растительности			
Открытые пространства (залесенность менее 20%)							
Более 6	8	Более 10	4	Есть	4		
6–3	4	3–10	2				
Менее 3	0	Менее 3	0	Нет	0		
Горизонтальное разнообразие				Вертикальное разнообразие			
Частота перегибов рельефа (на 1 км профиля)		Сомкнутость древостоя		Разница высотных отметок, м		Ярусность древостоя	
Характеристика	Оценка	Характери- стика	Оценка	Характери- стика	Оценка	Характери- стика	Оценка
Закрытые пространства (залесенность более 60%)							
Более 6	4	0,3–0,5	4	Более 10	4	1–2	4
6–3	2	0,6–0,7	2	3–10	2	1	2
Менее 3	0	0,8–1,0	0	Менее 3	0	2–3	0

С учетом картографических данных и анализа природных ландшафтов в будущем можно рассмотреть возможность создания природного парка в пойме реки Волги в Астраханской области. Эта территория представляет собой уникальный природный комплекс с разнообразными экосистемами, такими как водно-болотные угодья, леса и степи. Эти природные комплексы обладают высокой экологической и эстетической ценностью, что делает их важными как для сохранения биоразнообразия, так и для привлечения туристов и местных жителей.

Природные парки выполняют широкий спектр задач, основная из которых – сохранение природной среды и уникальных ландшафтов. Это включает защиту редких и исчезающих видов

флоры и фауны, а также поддержание устойчивости экосистем. Одной из важнейших целей является создание условий для отдыха, как массового, так и индивидуального. Это может включать развитие туристических маршрутов, обустройство мест для пикников и площадок для наблюдения за природой. Также необходимо разработать и внедрить эффективные методы охраны природы.

Эти меры предполагают не только контроль за соблюдением экологических стандартов, но и активное вовлечение местных жителей в охрану окружающей среды. Например, создание волонтерских программ, где местные жители могут участвовать в очистке территорий, посадке деревьев и мониторинге экосистем, помогает повысить участие населения в сохранении природы. Также необходимо учитывать экологический баланс при рекреационном использовании природных ресурсов. Это подразумевает тщательное планирование туристических потоков, чтобы избежать чрезмерной нагрузки на экосистемы.

Не менее важной задачей является проведение экологических просветительских мероприятий, направленных на повышение осведомленности местных жителей и туристов о значении охраны природы и устойчивого использования природных ресурсов. Таким образом, создание природного парка в пойме реки Волги может сыграть ключевую роль в сохранении уникальных природных комплексов региона и поддержке развития экотуризма, что, в свою очередь, положительно скажется на экономике Астраханской области.

Такой подход позволит не только сохранить природное наследие, но и создать новые рабочие места, повысить уровень жизни местного населения и привлечь внимание к природным богатствам, которые необходимо беречь для будущих поколений.

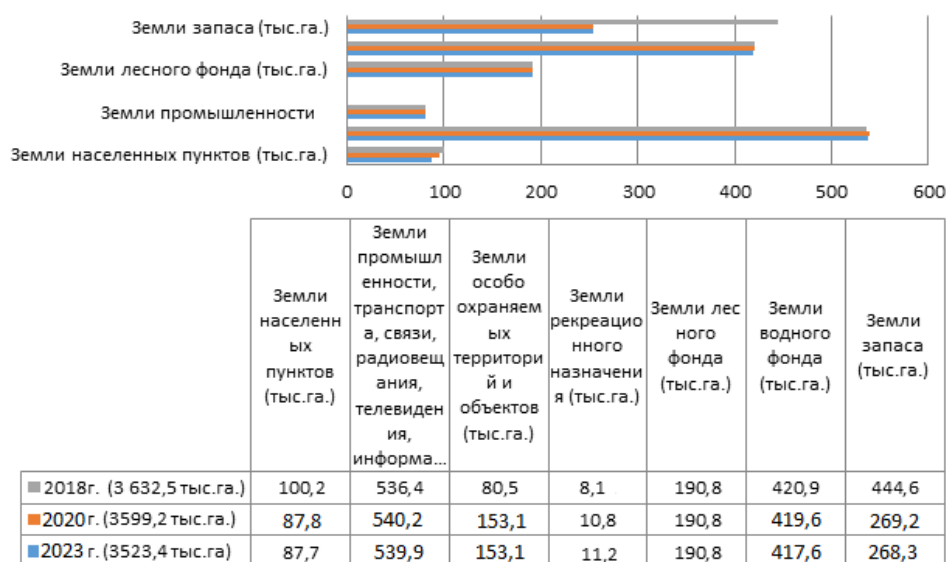


Рисунок – Динамика земель Астраханской области по категориям за 2018–2023 гг.

Анализ динамики земель рекреационного назначения показывает, что к 2023 г. площадь таких земель значительно увеличилась (рис.). Это можно объяснить рядом факторов. Во-первых, произошло перераспределение земель внутри Астраханской и Волгоградской областей. Во-вторых, основной причиной роста площади рекреационных земель является усиленная работа по снижению негативного воздействия на биоразнообразие поймы. В последние годы администрации районов значительно увеличили контроль за потоком туристов в пойму, что привело к перераспределению этих территорий в статус рекреационных.

Список литературы

1. Бармин А. Н., Иолин М. М., Шарова И. С., Хунас Л., Мамедов М. Ю., Бармина Е. А., Неталиев М. Ж., Колчин Е. А., Шуваев Н. С. Гидрометеорологические данные по Астраханской области // База данных. Свидетельство о регистрации базы данных 2012620330. Астрахань: Астраханский государственный университет, 2012.
2. Бармин А. Н., Иолин М. М. Почвенно-растительный мониторинг лугов низкого уровня в дельте р. Волги // Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия: материалы Российской научной конференции. 19–20 октября 1998 г. Астрахань: Изд-во АГПУ, 1998. С. 88–89.

3. Бармин А. Н., Иолин М. М., Стебенькова Н. А. Современные вопросы природопользования в Ахтубинском районе Астраханской области // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергетики. 2006. № 1. С. 189–196.
4. Бармин А. Н., Иолин М. М., Шарова И. С., Голуб В. Б. Структура и динамика землепользования в Астраханской области // Геология, география и глобальная энергия. 2011. № 3 (42). С. 143–149.
5. Дмитриева М. В., Бармин А. Н., Бузякова И. В. Экологическая устойчивость Астраханской области к техногенному воздействию // Геология, география и глобальная энергия. 2014. № 4 (55). С. 91–99.
6. Чигина Т. С., Шарова И. С., Безуглова М. С. Перспективы применения аэрокосмических методов для мониторинга ландшафтов Астраханской области // Геология, география и глобальная энергия. 2015. № 3 (58). С. 49–53.
7. Шарова И. С., Безуглова М. С., Крыжановская Г. В. Комплексная оценка почвенного и пейзажного разнообразия природно-территориальных комплексов аazonальных территорий // Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 1 (84). С. 98–103.
8. Шарова И. С., Бузякова И. В. Системная оценка земель рекреационного назначения аридных природно-территориальных комплексов // Геология, география и глобальная энергия. 2018. № 4 (71). С. 135–140.

References

1. Barmin A. N., Iolin M. M., Sharova I. S., Hunas L., Mamedov M. Yu., Barmina E. A., Netaliyev M. Zh., Kolchin E. A., Shuvayev N. S. Hydrometeorological data on the Astrakhan region. *Database. Certificate of registration of the database 2012620330*. Astrakhan: Astrakhan State University, 2012 (In Russ.).
2. Barmin A. N., Iolin M. M. It is soil – vegetable monitoring of meadows of low level in the delta of the Volga River. «*The ecologist – biological problems of the Volga region and Northern Prikaspiya*»: materials of Russian Scientific Conference. 19–20 Oct., 1998. Astrakhan: Publishing House of Astrakhan State Pedagogical University; 1998:88–89 (In Russ.).
3. Barmin A. N., Iolin M. M., Stebenkova N. A. Modern questions of environmental management in the Akhtubinsk district of the Astrakhan region. *South-Russian Bulletin of Geology, Geography and Global Power*. 2006;1:189–196 (In Russ.).
4. Barmin A. N., Iolin M. M., Sharova I. S., Golub V. B. Structure and dynamics of land use in the Astrakhan region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2011;3(42):143–149 (In Russ.).
5. Dmitriyeva M. V., Barmin A. N., Buzyakova I. V. Ecological sustainability of the Astrakhan region to technogenic influence. *Geology, Geography and Global Energy*. 2014;4(55):91–99 (In Russ.).
6. Chigina T. S., Sharova I. S., Bezuglova M. S. Prospects for the application of aerospace methods for monitoring the landscapes of the Astrakhan region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2015;3(58):49–53 (In Russ.).
7. Sharova I. S., Bezuglova M. S., Kryzhanovskaya G. V. A comprehensive assessment of the soil and landscape diversity of natural and territorial complexes of azonal territories. *Geology, Geography and Global Energy*. 2022;1(84):98–103 (In Russ.).
8. Sharova I. S., Buzyakova I. V. Systematic assessment of recreational lands of arid natural-territorial complexes. *Geology, Geography and Global Energy*. 2018;4(71):135–140 (In Russ.).

Информация об авторах

Шарова И. С. – кандидат географических наук, доцент;
Филиппова К. Г. – студент;
Колесников А. С. – студент.

Information about the authors

Sharova I. S. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Filippova K. G. – student;
Kolesnikov A. S. – student.

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 15.11.2024; одобрена после рецензирования 26.11.2024; принята к публикации 16.12.2024.

The article was submitted 15.11.2024; approved after reviewing 26.11.2024; accepted for publication 16.12.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 137–145.
Geology, Geography and Global Energy. 2025;1(96):137–145 (In Russ.).

Научная статья

УДК 504.453

<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.019>

КОМПЛЕКСНАЯ ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД РЕКИ МЕЩЕРИХИ В ГРАНИЦАХ ГОРОДСКОГО ОКРУГА ЛОБНЯ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Евдокимова Елена Викторовна¹, Иванова Елена Юрьевна^{2✉}, Кулакова Мария Викторовна³,
Моргунов Иван Артемович⁴

Государственный университет просвещения, Мытищи, Россия

¹e.evdokimova2012@yandex.ru

²ivelena2010@mail.ru ✉

³mariakulakova7@mail.ru

⁴ivan_a.m@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена комплексной гидрохимической оценке качества речных вод Мещерики в границах городского округа Лобня Московской области. Объектом исследования является участок реки Мещерики в границах городского округа Лобня Московской области. Предмет исследования состоит в изучении загрязнения вод объекта исследования. Гидрохимический анализ отобранных проб был проведен в лабораторных условиях осенью 2023 г. и весной 2024 г. с использованием метода титрования, а также колориметрического и турбидиметрического методов. Результаты проб, отобранных весной 2024 г., были получены путем использования экспресс-методов. В общей сложности за период осень 2023 г. – весна 2024 г. было произведено определение в 6 пробах по 13 показателям (в каждой) в лабораторных условиях и в 4 пробах по 18 показателям (в каждой) экспресс-методами. Комплексная оценка качества вод реки Мещерики в границах г.о. Лобня Московской области свидетельствует о том, что качество воды соответствует «умеренному уровню загрязненности по нескольким ингредиентам».

Ключевые слова: комплексная гидрохимическая оценка, гидрохимический анализ, качество речных вод, уровень загрязнения

Для цитирования: Евдокимова Е. В., Иванова Е. Ю., Кулакова М. В., Моргунов И. А. Комплексная гидрохимическая оценка качества вод реки Мещерики в границах городского округа Лобня Московской области // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 137–145. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.019>.

COMPREHENSIVE HYDROCHEMICAL ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY OF THE MESHCHERIKHA RIVER WITHIN THE BOUNDARIES OF THE LOBNYA CITY DISTRICT OF THE MOSCOW REGION

Elena V. Evdokimova¹, Elena Yu. Ivanova^{2✉}, Maria V. Kulakova³, Ivan A. Morgunov⁴

State University of Education, Mytishchi, Russia

¹e.evdokimova2012@yandex.ru

²ivelena2010@mail.ru ✉

³mariakulakova7@mail.ru

⁴ivan_a.m@mail.ru

Abstract. The article is devoted to a comprehensive hydrochemical assessment of the quality of Mescherikha river waters within the boundaries of the Lobnya urban district of the Moscow region. The object of the study is a section of the Meshcherikha River within the boundaries of the Lobnya urban district of the Moscow region. The subject of the study is to study the pollution of the waters of the research object. The hydrochemical analysis of the samples was carried out in laboratory conditions in autumn 2023 and spring 2024 using the titration method, as well as colorimetric and turbidimetric methods. The results of the samples taken in the spring of 2024 were obtained using express methods. In total, during the period autumn 2023 – spring 2024, 6 samples of 13 indicators (each) were determined in the laboratory and 4 samples of 18 indicators (each) were determined by express methods. A comprehensive assessment of the water quality of the Meshcherikha River within the boundaries of the city of Lobnya, Moscow region, indicates that the water quality corresponds to a «moderate level of contamination in several ingredients».

Keywords: comprehensive hydrochemical assessment, hydrochemical analysis, river water quality, pollution level

For citation: 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 city district of the Moscow region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):137–145. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.019> (In Russ.).

Введение

Река Мещериха входит во второй пояс водоснабжения севера Москвы и Московской области. Однако экологическое состояние речной воды, характеризующееся наличием бурой пены и стойкого неприятного запаха, отравляет жизнь и самого водоема, и прилегающей территории. В связи с этим гидрохимическая оценка природных вод реки Мещерихи является актуальной темой исследования.

Объектом проведенного исследования является участок реки Мещерихи в границах городского округа Лобня Московской области. Предмет исследования – загрязнение вод объекта исследования. Цель исследования заключается в проведении комплексной гидрохимической оценки качества вод реки Мещерихи в границах городского округа Лобня Московской области. Задачи исследования состояли в подборе и использовании способов проведения гидрохимического анализа проб речных вод Мещерихи, проведении комплексной оценки качества вод участка реки Мещерихи в границах г.о. Лобня Московской области за 2023–2024 гг.

Научная новизна и практическая значимость результатов исследования заключается в определении авторами гидрохимических показателей и проведении последующей комплексной оценки экологического состояния речных вод на участке р. Мещерихи в границах городского округа Лобня Московской области. Ввиду отсутствия вышеперечисленных данных в открытом доступе [7], в том числе на официальном сайте г.о. Лобня, полученные материалы являются оригинальными и актуальными на сегодняшний день [5]. Данную информацию можно использовать в дальнейшей работе по оценке экологического состояния, а также исследования динамики изменения гидрологической и гидрохимической составляющих вод р. Мещерихи в границах г.о. Лобня Московской области [6].

Материалы и методы

Принципиальную основу комплексной гидрохимической оценки составляет сочетание дифференцированного и комплексного способов оценки качества воды, что определяется шириной спектра и степенью загрязнения водных объектов. Методической основой комплексного способа является однозначная оценка степени загрязненности воды водного объекта по совокупности загрязняющих веществ: для любого водного объекта в точке отбора проб воды; за любой определенный промежуток времени; по любому набору гидрохимических показателей [4].

В качестве норматива используют предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов, а также водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – наиболее жесткие (минимальные) значения из совмещенных списков, рекомендуемых для подготовки информационных документов по качеству поверхностных вод [1]. Для веществ, для которых отсутствуют нормативные показатели, в качестве ПДК условно принимается 0,01 мкг/дм³.

Конструктивной особенностью метода комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям является проведение на первом этапе детального покомпонентного анализа химического состава воды и его режима оценочных составляющих на втором этапе для одновременного учета комплекса наблюдаемых ингредиентов и показателей качества воды [12].

Материалы работы содержат результаты лабораторных и экспериментальных исследований авторов по 4 точкам пробоотбора с использованием реактивов экспресс-лаборатории «НИИПА-ПРО» и тест-пакета «Крисмас». Пробоотбор был осуществлен авторами осенью 2023 г. и весной 2024 г. Гидрохимический анализ отобранных проб был проведен в лабораторных условиях осенью 2023 г. и весной 2024 г. с использованием метода титрования, а также колориметрического и турбидиметрического методов. Результаты проб, отобранных весной 2024 г., были получены путем использования экспресс-методов [2, 3]. В общей сложности было произведено определение в 6 пробах по 13 показателям в лабораторных условиях и в 4 пробах по 18 показателям экспресс-методами.

В дальнейшем на основе полученных данных была произведена комплексная оценка качества воды реки Мещерихи. Коэффициент комплексности загрязненности воды K рассчитывался по результатам химического анализа каждой пробы воды [10]. Полученный при этом вариационный ряд значения K характеризовал исследуемый период наблюдений за состоянием загрязненности воды водного объекта в конкретном пункте наблюдений [8, 11]. Перечень расчетных загрязнителей: нитраты, нитриты, аммоний, железо общее, медь, никель, марганец, сульфаты, кальций, магний, фосфаты, углекислый газ, аммиак, свинец, фтор, ртуть, хлор. Для каждого результата анализа определялся состав ингредиентов из суммы всех учитываемых, по которым имеются данные.

Результаты и обсуждение

Отбор проб производился осенью 2023 г. и весной 2024 г. в 4 точках пробоотбора (рис.): т. 1 расположена на природной озелененной территории г.о. Лобня, т. 2 размещена в прибрежной зоне антропогенного городского ландшафта, т. 3 – место расположения русла реки под мостом автомобильной дороги (Краснопольское ш.), т. 4 – место выхода реки из подземного коллектора. Выбор места для отбора пробы осуществляется с учетом целей анализа и предварительного изучения местности.

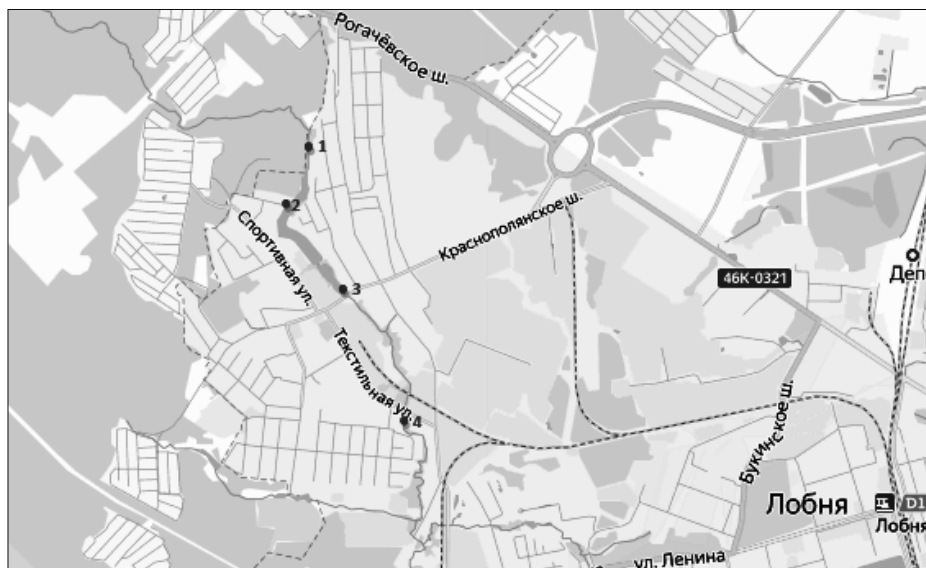


Рисунок – Картограмма расположения пунктов пробоотбора поверхностных вод р. Мещерихи (доработана авторами по материалам источника [12])

Результаты гидрохимического анализа воды данного водного объекта, полученные в лабораторных условиях в октябре 2023 г, показали присутствие в водных массах магния, марганца, кальция, нитратов и нитритов (табл. 1). При этом превышение содержания марганца в воде зафиксировано на порядок выше, чем нормативные показатели (0,5 мг/л при нормативе не более 0,1 мг/л) во всех четырех точках пробоотбора.

Гидрологические показатели по концентрации водородного показателя и общего содержания не превысили нормативные показатели. При этом общая жесткость, мутность, цветность, общее железо и перманганатная окисляемость были превышены на всех точках проб отбора (табл. 1). Общая жесткость пунктов проб отбора № 2, 3, 4 превышена (7,2/7,4/7,3 экв./л, при нормативе не более 7,0 мг-экв./л), превышение цветности во всех 4-х пунктах проб отбора (25/40/45/55 °С при нормативе не более 20 °С), превышение мутности во всех 4-х точках проб отбора (10/20/25/30 ЕМФ при нормативе не более 2,6 ЕМФ), превышение перманганатной окисляемости во всех точках проб отбора (9,0/7,0/8,5/8,0 мгО/л при нормативе не более 5,0 мгО/л), а также есть превышение общего железа в пунктах проб отбора № 2 и 3 (0,4/0,5 мг/л при нормативе не более 0,3 мг/л).

Таблица 1 – Результаты гидрологических и гидрохимических показателей воды реки Мещерихи осенью 2023 г. и весной 2024 г.

Контролирующий показатель	1 пункт		2 пункт		3 пункт		4 пункт		ПДК
	Осень	Весна	Осень	Весна	Осень	Весна	Осень	Весна	
Водородный показатель	7,5	7,5	9,0	–	8,5	–	8,0	7,4	6,0–9,0
Общее содержание	770	179	736	–	767	–	601	237	1 000
Общая жесткость	6,1	4,15	7,2	–	7,4	–	7,3	4,98	7,0
Общее железо	0,2	0,5	0,4	–	0,5	–	0,1	1	0,3
Нитраты	30	15	40	–	25	–	20	15	45
Нитриты	0,3	1	1,5	–	0,5	–	0,2	1	3,3
Мутность	10	0	20	–	25	–	30	0	2,6
Цветность	25	10	40	–	45	–	55	10	20
Перманганатная окисляемость	9,0	0	7,0	–	7,5	–	6,0	2	5,0
Марганец	0,5	0,05	0,5	–	0,5	–	0,5	0,05	0,1
Магний	0,3	30,4	0,4	–	0,4	–	0,4	30,4	не более 40,0
Кальций	858	50,1	1 000	–	1 000	–	1 000	50,1	1000
Аммоний	–	0,2	–	–	–	–	–	0,5	2,6

Повторный анализ воды того же исследуемого водоема, проведенный в марте 2024 г., показал превышение по общей жесткости, мутности, цветности, перманганатной окисляемости, а также по общему железу и марганцу.

Общая жесткость является свойством природных вод, обусловленная наличием растворенных солей кальция и магния. Данные таблицы 1 показывают превышение данного показателя в пробоботе осеннего периода. В точках № 2, 3, 4 зафиксированы незначительные превышения (показатели 7,2–7,4 мг/л) при нормативе 7,0 мг/л.

Общее железо является показателем, характеризующим природный химический состав вод. В природной воде концентрация железа колеблется от 0,01 до 26,0 мг/л. В поверхностных водоемах железо содержится в виде стойкого гуминовокислого железа (III). Гидроксид железа плохо растворяется и образует в воде коричневые хлопья, что и придает воде ее цветность и мутность. При значительном содержании железа в воде она может приобретать желто-коричневый цвет, становится мутной и характеризуется металлическим привкусом. Показатели таблицы 1 отражают повышенные концентрации общего железа в т. 1 и 4 до 1 мг/л при нормативе 0,3 мг/л в весенний период. Это объясняется тем, что в пункте пробобота № 2 вблизи реки находится жилой сектор с сельскохозяйственными угодьями, а вблизи пункта пробобота № 3 – над трубой, в которую уходит река, находится автомойка самообслуживания.

Мутность – показатель качества воды, обусловленный присутствием в ней нерастворенных и коллоидных веществ неорганического и органического происхождения. Причиной мутности поверхностных вод являются илы, кремневые кислоты, гидроокиси железа и алюминия, органические коллоиды, микроорганизмы и планктон. В реке Мещерихе этот показатель превышает показатели ПДК в 7 раз в пункте отбора проб № 1; в 8 раз – в пункте отбора проб № 2; в 10 раз – в пункте отбора проб № 3 и в 12 раз – в пункте отбора проб № 4 (табл. 1).

Цветность – показатель качества воды, обусловленный, главным образом, присутствием в воде гуминовых и фульфовых кислот, а также соединением железа (Fe^{3+}). Зимой содержание органических веществ в природных водах минимальное, в то время как весной (в период половодья и паводков), а также летом (в период массового развития водорослей и цветения воды) оно повышается (табл. 1). В реке Мещерихе этот показатель в осенний период превысил норматив в 1,25 раз в пункте отбора проб № 1; в 2 раза – в пункте отбора проб № 2; в 2,25 раз – в пункте отбора проб № 3 и в 2,75 раз – в пункте отбора проб № 4.

Перманганатная окисляемость служит показателем общей концентрации углеводов, или органических соединений, в воде. Этот показатель выражается в количестве миллиграммов кислорода O_2 , который необходимо затратить на полное окисление всей органики, находящейся в литре образца. В реке Мещерихе данный показатель в осенний период 2023 г. (табл. 1) превысил норматив в 1,8 раз в пункте пробобота № 1; в 1,4 раз – в пункте № 2; в 1,7 раз – в пункте № 3 и в 1,2 раз – в пункте № 4.

Марганец попадает в воду естественным (природным) и искусственным (техногенным) путями. В первом случае марганец вымывается водой из содержащих его минералов и в результате разложения останков животных и растительности. Во втором случае источником марганца служат отходы химических предприятий и металлургических комбинатов, а также некоторые сельскохозяйственные удобрения. Показатель марганца в реке Мещерихе в осенний период превысил нормативные значения в 5 раз (табл. 1).

Весной 2024 г. авторами была проведена экспериментальная работа, включающая определение гидрохимических характеристик воды опытным путем с использованием экспресс-лабораторий «НИЛПА» (табл. 2), «ИЗИТест Плюс» (табл. 3) и «Крисмас» (табл. 4).

Результаты гидрохимического анализа воды в реке Мещерихе, проведенного при помощи экспресс-анализа «НИЛПА» от 13.04.2024 г., показали превышение содержания углекислого газа во всех четырех пунктах отбора проб (табл. 2).

Водородный показатель в пункте № 2 превышен (10,0 при нормативе от 6,0 до 9,0), карбонатная жесткость превышена в пунктах № 1 и 3 (12/10 мг/л при норме не более 7,0 мг/л), общая жесткость тоже превышена в пункте № 1, 2, 4 (15/10/13 мг/л при норме не более 7,0 мг/л).

Таблица 2 – Результаты гидрологических и гидрохимических показателей воды реки Мещерихи, полученных весной 2024 г. с использованием экспресс-лаборатории «НИЛПА»

Дата проведения испытаний: 13.04.2024					
Тест анализ «НИЛПА»	Пункты проб отбора				ПДК
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	
pH	6,5	10,0	6,5	6,5	6,0–9,0
kH	12	7	10	5	не более 7,0 мг/л
gH	15	10	7	13	не более 7,0 мг/л
NO ₂	0	0	0,2	0,2	3,3 мг/л
NO ₃	5	5	5	5	45 мг/л
PO ₄	0,25	1,0	0,5	0,0	3,5 мг/л
CO ₂	25,1	353,0	134,0	55,8	до 3–4 мг/дм ³
NH ₄ ⁺	0,006	0,852	0,006	0,014	2 мг/г
NH ₃	1,0	1,0	1,0	1,0	2,6 мг/г

Таблица 3 – Результаты гидрологических и гидрохимических показателей воды реки Мещерики, полученных весной 2024 г. с использованием экспресс-лаборатории «Крисмас»

Тест-система «Крисмас»	Пункты отбора проб				ПДК
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	
Медь	5	0	0	5	1 мг/л
Активный хлор	0	0	0	0	–
Сульфид-тест	0	0	0	0	до 500 мг/л
рН	8	7	7	7	6,0–9,0
Железо общее	0	0	0	0	0,3 мг/л
Нитрат-тест	50	50	0	50	45 мг/л
Никель	0	0	0	0	0,1 мг/л
Хромат-тест	5	5	5	5	0,5 мг/л
Нитрит-тест	0	0	0	0	3,3 мг/л
Железо (2)	0	0	0	0	0,3 мг/л

С помощью тест-системы Крисмас в пробах воды из реки Мещерики проводилось определение 10 показателей: медь, активный хлор, сульфат-ион, рН, общее железо, нитрат-ион, нитрит-ион, никель, хромат-ион, железо (2). Из всех перечисленных элементов были обнаружены превышения нормативных показателей по 3 позициям: показатель содержания меди в пунктах № 1 и 4 превышен в 5 раз (5 мг/л при нормативе 1 мг/л), нитрат-ион превышен в пунктах № 1, 2 и 4 (50 мг/л при норме 45 мг/л) и хромат-ион превышен во всех пунктах в 10 раз (5 мг/л при норме 0,5 мг/л).

Коэффициент комплексности загрязненности воды К рассчитывается по результатам химического анализа каждой пробы воды. Полученный при этом вариационный ряд значения К характеризует исследуемый период наблюдений за состоянием загрязненности воды водного объекта в конкретном пункте наблюдений.

Перечень расчетных загрязнителей: нитраты, нитриты, аммоний, железо общее, медь, никель, марганец, сульфаты, кальций, магний, фосфаты, углекислый газ, аммиак, свинец, фтор, ртуть, хлор.

Для каждого результата анализа определяется число ингредиентов из суммы всех учитываемых, по которым имеются данные (табл. 4–7).

В пункте пробоотбора № 1 на 14 октября 2023 г. было определено пять веществ. За 30 марта 2024 г. было определено 11 веществ; за 13 апреля 2024 г. было также определено 11 веществ (табл. 4).

Для определения коэффициента комплексности загрязненности воды (К) вычислялось процентное отношение количества превышений к общему количеству веществ. Так, в результате химического анализа, сделанного 14 октября 2023 г., в пункте № 1 определено 5 веществ (5), по одному наблюдалось превышение. Следовательно, $0/5 \times 100\% = 0\%$. Аналогично проводились вычисления по имеющимся датам и пунктам пробоотбора. 30 марта 2024 г. расчетный К в пункте № 1 составил 27 %, а 13 апреля 2024 г. – 18 % (табл. 4).

В пункте пробоотбора № 2 на 14 октября 2023 г. было определено пять веществ. За 30 марта 2024 г. было определено 7 веществ, а 13 апреля 2024 г. в 2 пункте пробоотбора было определено 11 веществ (табл. 5).

14 октября 2023 г. расчетный К в пункте № 2 составил 2 %, 30 марта 2024 г. – 28 %, а 13 апреля 2024 г. – 27 % (табл. 5).

Таблица 4. Концентрация обнаруженных элементов в пункте пробоотбора № 1 р. Мещерики

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей состава и свойств воды (пункт пробоотбора № 1)										Количество нормируемых ингредиентов по которым имеются данные	Количество ингредиентов, содержащих в которых выше ПДК	Коэффициент комплексности загрязненности воды, %							
	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄	Cu	Ni	Mn	Ca	Mg	PO ₄	CO ₂				NH ₃	Pb	F	Cl	Hg	Сульфаты	Cr
14.10.2023	0,3	30	–	–	–	0,5	858	0,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5	1	2 %
30.03.2024	1	15	0,2	5	0	0,05	50,1	30,4	–	–	–	–	–	0	–	0	5	11	3	27 %
13.04.2024	0,0	5	1,0	2,5	–	–	–	–	0,25	25,1	0,006	20	50	0	0	–	–	11	2	18 %

Таблица 5. Концентрация обнаруженных элементов в пункте пробоотбора № 2 р. Мещерики

Дата	Концентрация ингридентов и показателей состава и свойств воды (пункт пробоотбора № 2)																	Количество нормируемых ингридентов по которым имеется данные	Количество ингридентов, содержания которых выше ПДК	Коэффициент комплексности загрязненности воды, %
	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄	Cu	Ni	Mn	Ca	Mg	PO ₄	CO ₂	NH ₃	Pb	F	Cl	Hg	Сульфаты	Cr			
14.10.2023	1,5	40	—	—	—	0,5	1000	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	1	2 %
30.03.2024	0	50	—	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	5	7	2	28 %
13.04.2024	0,0	10	1,0	5	—	—	—	—	1,0	353,0	0,852	20	0	0	0	—	—	11	3	27 %

Таблица 6. Концентрация обнаруженных элементов в пункте пробоотбора № 3 р. Мещерики

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей состава и свойств воды (пункт пробоотбора № 3)																	Количество ингредиентов по которым имеется данные	Количество ингредиентов, содержащих в себе ПДК	Коэффициент комплексности загрязненности воды, %
	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Cu	Ni	Mn	Ca	Mg	PO ₄	CO ₂	NH ₃	Pb	Fe	Cl	Hg	Сульфаты	Cr			
14.10.2023	0,5	25	-	-	-	0,5	1000	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1	2 %
30.03.2024	0	0	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	5	7	1	1	14 %
13.04.2024	0,2	5	1,0	2,5	-	-	-	-	0,5	134,0	0,006	20	0	0,5	0	-	-	11	2	18 %

Таблица 7 – Концентрация обнаруженных элементов в пункте пробоотбора № 4 р. Мещерики

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей состава и свойств воды (пункт пробоотбора № 4)																	Количество нормируемых ингредиентов по которым имеется данные	Количество ингредиентов, содержащих в которых выше ПДК	Коэффициент комплексности загрязненности воды, %
	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Cu	Ni	Mn	Ca	Mg	PO ₄	CO ₂	NH ₃	Pb	Fe	Cl	Hg	Сульфаты	Cr			
14.10.2023	0,2	20	–	–	–	0,5	1000	0,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5	1	2 %
30.03.2024	1	15	0,5	5	0	0,05	50,1	30,4	–	–	–	–	–	0	–	0	5	11	1	9 %
13.04.2024	0,2	10	1,0	2,5	–	–	–	–	0,0	55,8	0,014	20	0	0	0	–	–	11	3	18 %

В 3 пункте пробоотбора на 14 октября 2023 г. было определено 5 веществ, а 30 марта 2024 г. было определено 7 веществ. На 13 апреля 2024 г. было определено 11 веществ (табл. 6).

14 октября 2023 г. расчетный К в пункте № 3 составил 2 %, 30 марта 2024 г. – 14 %, а 13 апреля 2024 г. – 18 % (табл. 6).

В 4 пункте пробоотбора на 14 октября 2023 г. было выявлено 5 веществ. На 30 марта 2024 г. было выявлено 11 веществ. На 13 апреля 2024 г. было выявлено 11 веществ (табл. 7).

14 октября 2023 г. расчетный К в пункте № 4 составил 2 %, 30 марта 2024 г. – 9 %, а 13 апреля 2024 г. – 18 % (табл. 7).

В итоге осенью 2023 г. и весной 2024 г. получается вариационный ряд значений К: 0 %; 27 %; 18 %; 2 %; 28 %; 27 %; 2 %; 14 %; 18 %; 2 %; 9 %; 18 %. Ранжированный ряд выглядит так: 0 %; 2 %; 9 %; 14 %; 18 %; 27 %; 28 %.

Статистика такова: $K_{\min} = 0 \%$; $K_{\max} = 28 \%$, что, согласно нормативным данным, соответствует «умеренному уровню загрязненности по нескольким ингредиентам» и показателям качества воды [9].

Заключение

В процессе проведенного исследования был сформулирован ряд выводов:

1. Результаты гидрохимического анализа речной воды, проведенного в геохимической лаборатории в октябре 2023 г., показали присутствие в водных массах магния, марганца, кальция, нитратов и нитритов. Показатели общей жесткости (1,1 ПДК), мутности (3,8–11,5 ПДК), цветности (1,3–2,8 ПДК), общего железа (1,7 ПДК) и перманганатной окисляемости (1,2–1,8 ПДК) были превышены на всех точках пробоотбора. Повторный лабораторный анализ воды в марте 2024 г. показал превышение по общему железу (1,7–3,3 ПДК).

2. Результаты гидрохимического анализа воды в реке Мещерихе, проведенного при помощи экспресс-анализа «НИЛПА» в апреле 2024 г., показали присутствие в водных массах фосфатов, нитратов, нитритов, аммиака, аммония. Концентрация углекислого газа в воде была превышена во всех пунктах пробоотбора (6–88 ПДК). Частично превышены: водородный показатель (1,1 ПДК), карбонатная (1,7 ПДК) и общая жесткость (2,1 ПДК).

3. Результаты гидрохимического анализа воды р. Мещерихи, проведенного при помощи экспресс-анализа «Крисмас» в апреле 2024 г., показали присутствие в водных массах активного хлора, сульфидов, железа (2), никеля, нитрита. Превышение нормативов зафиксировано по содержанию меди (5 ПДК), нитратов (1,1 ПДК) и хрома (10 ПДК) во всех пунктах пробоотбора.

Комплексная оценка качества вод реки Мещерихи в границах г.о. Лобня Московской области свидетельствует о том, что качество воды соответствует «умеренному уровню загрязненности по нескольким ингредиентам».

Список литературы

1. Водный кадастр Российской Федерации. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество: ежегодник / под ред. С. И. Гусева и Е. И. Куприенко. Санкт-Петербург: Государственный гидрологический институт, 2023. 153 с.
2. Другов Ю. С., Родин А. А. Анализ загрязнения воды: практическое руководство. Москва: Лаборатория знаний, 2024. 681 с.
3. Другов Ю. С., Муравьев А. Г., Родин А. А. Экспресс-анализ экологических проб: практическое руководство. Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2010. 424 с.
4. Зайтов Р. И., Тарамов Ю. Х., Умархаджиев М. Р. Развитие методов контроля за качеством воды в городских системах водоснабжения с использованием сенсорных технологий // Вода: химия и экология. 2023. № 12. С. 64–70.
5. Иванов З. А. Определение гидрохимических показателей реки Енисей / З. А. Иванов, В. И. Федорова, Т. А. Лунева, Д. Г. Слащинин // Вода: химия и экология. 2023. № 12. С. 55–61.
6. Иванова Е. Ю., Моргунов И. А. Проблемы реализации экологической политики на территории городского округа Лобня Московской области // Тенденции развития науки и образования. 2023. Ч. 16, № 104. С. 167–170. DOI: 10.18411/trnio-11-2023-p16.
7. Качество поверхностных вод Российской Федерации // Ежегодник за 2022 ФГБУ «Гидрохимический институт» / под ред. М. М. Трофимчук. Ростов-на-Дону, 2023. 611 с.
8. Микова К. Д. Гидрохимия. Практические аспекты: учебно-методическое пособие. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2022. 92 с.
9. Подробная онлайн карта России с городами, карта автомобильных дорог РФ. URL: <https://kartarf.ru> (дата обращения: 30.01.2025).
10. РД 52.24.6432002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям / разраб. В. П. Емельянова, Е. Е. Лобченко. Ростов-на-Дону: Гидрометеониздат, 2002. 55 с.
11. Сторожева Е. О., Румянцева А. В. Анализ сброса сточных вод: проблемы и пути решения // Система управления экологической безопасностью: сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 19–20 мая 2023 г.). Екатеринбург: УрФУ, 2023. С. 179–184.
12. Чжан Тинжуй. Проблема загрязнения воды и его влияние на окружающую среду и здоровье человека // Вода: химия и экология. 2023. № 10. С. 66–71.

References

1. *Water Cadastre of the Russian Federation. Surface and Groundwater Resources, Their Use and Quality: yearbook*. Ed. by S. I. Gusev and E. I. Kupriyok. Saint Petersburg: State Hydrological Institute; 2023:153 (In Russ.).
2. Drugov Yu. S., Rodin A. A. *Water Pollution Analysis: A practical guide*. Moscow: Knowledge Laboratory; 2024:681 (In Russ.).
3. Drugov Yu. S., Muravyov A. G., Rodin A. A. *Express Analysis of Environmental Samples: A practical guide*. Moscow: Binom. Knowledge Laboratory; 2010:424 (In Russ.).
4. Zaitov R. I., Taramov Yu. Kh., Umarkhadzhiev M. R. Development of methods for monitoring water quality in urban water supply systems using sensor technologies. *Water: Chemistry and Ecology*. 2023;12 :64–70 (In Russ.).
5. Ivanov Z. A., Fedorova V. I., Luneva T. A., Slashchinin D. G. Determination of hydrochemical indicators of the Yenisei River. *Water: Chemistry and Ecology*. 2023 ; 12 : 55–61 (In Russ.).
6. Ivanova E. Yu., Morgunov I. A. Problems of implementing environmental policy in the territory of the Lobnya urban district of the Moscow region. *Trends in the development of science and education*. 2023;104;16:167–170. DOI: 10.18411/tmio-11-2023-p16 (In Russ.).
7. Quality of surface waters of the Russian Federation. *Yearbook for 2022 of the Federal State Budgetary Institution «Hydrochemical Institute»*. Ed. M. M. Trofimchuk. Rostov-on-Don; 2023:611 (In Russ.).
8. Mikova K.D. *Hydrochemistry. Practical aspects: an educational and methodical manual*. Perm: Perm State National Research University; 2022:92 (In Russ.).
9. *Detailed online map of Russia with cities, map of highways of the Russian Federation*. URL: <https://kartarf.ru> (accessed 30.01.2025) (In Russ.).
10. RD 52.24.6432002. *A method of complex assessment of the degree of contamination of surface waters by hydrochemical indicators*. Developed by V. P. Yemelyanova, E. E. Lobchenko. Rostov-on-Don: Gidrometeoizdat; 2002:55 (In Russ.).
11. Storozheva E. O., Rumyantseva A. V. Analysis of wastewater discharge: problems and solutions. *Environmental safety management system: proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference (Yekaterinburg, May 19–20, 2023)*. Yekaterinburg: UrFU; 2023:179–184 (In Russ.).
12. Zhang Tingrui. The problem of water pollution and its impact on the environment and human health. *Water: Chemistry and Ecology*. 2023;10:66–71 (In Russ.).

Информация об авторах

Евдокимова Е. В. – кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой географии, геоэкологии и природопользования факультета естественных наук;

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

Кулакова М. В. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и природопользования факультета естественных наук;

Моргунов И. А. – магистрант кафедры безопасности жизнедеятельности и методики обучения факультета безопасности жизнедеятельности.

Information about the authors

Evdokimova E. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Head of the Department of Geography, Geocology and Environmental Management, Faculty of Natural Sciences;

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

Kulakova M. V. – Candidate of Sciences (Pedagogical), Associate Professor, Department of Geography, Geocology and Environmental Management, Faculty of Natural Sciences;

Morgunov I. A. – master's student in the Department of Life Safety and Teaching Methods at the Faculty of Life Safety.

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 15.01.2025; одобрена после рецензирования 28.01.2025; принята к публикации 12.02.2025.

The article was submitted 15.01.2025; approved after reviewing 28.01.2025; accepted for publication 12.02.2025.

АННОТАЦИЯ

Влияние гидрогеологических факторов на защищенность подземных вод западного Оренбуржья. Элементарные природные процессы как основа функционирования низкогорных субсредиземноморских степных ландшафтов Радиационный баланс можжевельных лесов Карадагского природного заповедника. Использование информационной системы ВЕГА-Science для мониторинга сельскохозяйственных земель. Влияние факторов опустынивания на физико-химические свойства почв аридных территорий. Ландшафтно-геоэкологические особенности Астраханской области и их влияние на региональные социально-демографические процессы. Методы биотестирования при оценке состояния малых рек на примере реки Мулянки. Анализ современного состояния атмосферного воздуха на территории Южного федерального округа. Оценка загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Геоморфологические аспекты природопользования и проблемы системного управления территориальными ресурсами. Современный анализ динамики площади земель населенных пунктов Южного федерального округа. Псевдокарст – скрытая угроза бетонным сооружениям. Методы предотвращения образования газовых гидратов в скважинах Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения. Защищенность гидросферы особо охраняемой природной территории «Бузулукский бор». Определение геодинамического оползневоего потенциала на территории Казанского района Тюменской области.

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

Influence of hydrogeological factors on the protection of groundwater in the western Orenburg region. Elementary natural processes as a basis for the functioning of low-mountain sub-mediterranean steppe landscapes. Radiation balance of juniper forests of the Karadag nature reserve. Using the Vega-Science information system for monitoring agricultural lands. Influence of desertification factors on the physicochemical properties of soils in arid territories. Landscape and geoecological features of the Astrakhan region and their impact on regional socio-demographic processes. Biotesting methods for assessing the state of small rivers on the example of the Mulyanka river. Analysis of the current state of atmospheric air in the Southern Federal District. Assessment of surface water pollution according to hydrochemical parameters. Geomorphological aspects of environmental management and problems of systemic management of territorial resources. Modern analysis of the dynamics of the land area of settlements in the Southern Federal District. Pseudokarst – a hidden threat to concrete structures. Methods of preventing the formation of gas hydrates in wells of the Bovanenkovsky oil and gas condensate field. Protection of the hydrosphere of the specially protected natural area «Buzuluk Bor». Determination of geodynamic landslide potential on the territory of Kazan district of Tyumen region

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, abarm60@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 BCEX 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 текстах, 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, cth 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 подписях.

Подписная 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, 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

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.

THE ROLE OF REGIONAL FEATURES IN THE FORMATION OF TECHNOLANDSCAPES OF THE CASPIAN REGION

Barmin A. Nikolaevich

Asrakhn 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.

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. Балышева 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.

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 редколлегией, 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 общем 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 редколлегией 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