

16+

ISSN 2077-6322 (print)

АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В. Н. ТАТИЩЕВА

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

GEOLOGY, GEOGRAPHY AND GLOBAL ENERGY

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

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

1.6.6 – Гидрогеология (геолого-минералогические науки);

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

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

1.6.17 – Океанология (геолого-минералогические науки);

1.6.21 – Геоэкология (географические науки);

1.6.21 – Геоэкология (геолого-минералогические науки).

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

2026. № 1 (100)

Астрахань
Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева
2026

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

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
2026. № 1 (100)

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

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

Заместитель главного редактора:

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

Ответственный секретарь:

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

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ISSN 2077-6322 (print)

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

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

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

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

При цитировании ссылка на журнал «Геология, география и глобальная энергия / *Geology, geography and global energy*» обязательна.

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

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

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

Геология, география и глобальная энергия / *Geology, Geography and Global Energy*. 2026. № 1 (100).

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, 2026

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

GEOLOGY, GEOGRAPHY AND GLOBAL ENERGY

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL
2026. No. 1 (100)

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 Mineralogical), Professor, Kuban State University

Executive Secretary:

KOLCHIN E. A., Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Astrakhan Tatishchev State University;

Members of the Editorial Board:

Anisimov L. A., Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, Volgograd State University;

Buzmakov S. A., Doctor of Sciences (Geographical), Professor, 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 Mineralogical), 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), Professor, 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 Mineralogical), Associate Professor, Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch of the RAS;

Sianisyan E. S., Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), 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 Mineralogical), 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 Mineralogical), 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, Kabardino-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, doctors, postgraduates and anyone interested in the achievements of natural sciences in Russia and abroad.

The journal "Geology, Geography and Global Energy" is registered with the Federal Service for Supervision of Communications, 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 published 4 times a year.

Geologiya, geografiya and globalnaya energiya / Geology, Geography and Global Energy. 2026. No. 1 (100).

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, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ГИДРОГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Гаев И. А., Куделина И. В., Алферов И. Н.</i> Роль комплексного барьера как очистного сооружения и его влияние на улучшение качества воды.....	8
<i>Серебряков А. О., Бычкова Д. А.</i> Гидрогеологическое обоснование эксплуатации Астраханского месторождения минеральных бальнеологических вод	15
<i>Степанов Р. И., Прокамень Е. В.</i> Оценка методик расчета дебитов при применении различных типов скважин на поздней стадии разработки в условиях низкопроницаемого коллектора Приобского месторождения.....	19

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

<i>Агоева Э. А., Азнаева М. Р., Ламашвили Л. С., Хаширова С. С., Морозкина С. Н., Агоев А. А.</i> Стероидный гормон 17 β -эстрадиол в водах Кавказа	30
<i>Батуев А. И., Максимович Н. В., Сидорина И. Е., Пьянков Г. А.</i> Применение пространственных эконометрических моделей для анализа преступности в Детройте.....	42
<i>Бурукина О. А., Чертков П. В., Луговская Л. А., Луговской А. М.</i> Структурно-функциональная система депонирования углекислого газа лесными геосистемами ООПТ Москвы и Хоперского государственного заповедника.....	50
<i>Дахова О. О.</i> Антропогенный рельеф на территории Кабардино-Балкарии	57
<i>Куцев С. А.</i> Пространственно-временные особенности формирования градовых процессов на Северном Кавказе	64
<i>Мирсанова А. А., Гичун И. А., Луговской А. М.</i> Анализ экосистемного сервиса биоразнообразия геосистем ООПТ г. Москвы	68

ГЕОЭКОЛОГИЯ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Иванова Е. Ю., Моро П. Н.</i> Анализ динамики зеленых территорий на примере Московского урбанистического центра	74
<i>Кострыкина А. А., Валов М. В., Занозин В. В., Бармин А. Н.</i> Реализация эколого-просветительских и образовательных проектов Русского географического общества как фактор формирования экологической культуры населения	81
<i>Иванова Е. Ю., Брызгунов Н. Н.</i> Экологическое состояние реки Упы: современная оценка и анализ	89
<i>Романова А. А., Иолин М. М., Карабаева А. З.</i> Картографические методы в гидрологических исследованиях дельты Волги	95
<i>Шарова И. С., Некозырева М. В.</i> Геоэкологические последствия роста электромагнитной нагрузки в городской среде	101

ГЕОЭКОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Морозова Л. А., Дымова Т. В.</i> Основные источники загрязнения Каспийского моря в условиях разработки нефтегазовых месторождений Казахстана.....	107
---	-----

Попков В. И.

Разломно-блоковые модели резервуара нефти в гранитном массиве
месторождения Оймаша (Южный Мангышлак) 114

АННОТАЦИЯ 126

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА 127

ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ 133

CONTENTS

HYDROGEOLOGY (GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

<i>Gaev I. A., Kudelina I. V., Alferov I. N.</i> Role of a complex barrier as a treatment facility and its impact on improving water quality	8
<i>Serebryakov A. O., Bychkova D. A.</i> Hydrogeological justification of the operation of the Astrakhan deposit of mineral balneological waters.....	15
<i>Stepanov R. I., Prokaten E. V.</i> Evaluation of flow rate calculation methodologies for various well types in the late stage of development in a low-permeability reservoir of the Priobskoye field	19

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

<i>Agoeva E. A., Aznaeva M. R., Lamashvili L. S., Hashirova S. S., Morozkina S. N., Agoev A. A.</i> Steroid hormone 17 β -estradiol in the waters of the Caucasus.....	30
<i>Batuev A. I., Maksimovich N. V., Sidorina I. E., Pynkov G. A.</i> Application of spatial econometric models to the analysis of crime in Detroit.....	42
<i>Burukina O. A., Chertkov P. V., Lugovskaya L. A., Lugovskoy A. M.</i> Structural-functional system of carbon sequestration by forest geosystems of protected areas in Moscow and the Khoper State Nature Reserve.....	50
<i>Dakhova O. O.</i> Anthropogenic relief in Kabardino-Balkaria.....	57
<i>Kushchev S. A.</i> Spatiotemporal features of hail process formation in the North Caucasus	64
<i>Mirsanova A. A., Gichun I. A., Lugovskoy A. M.</i> Analysis of the ecosystem service of biodiversity of geosystems of protected areas of Moscow	68

GEOECOLOGY (GEOGRAPHICAL SCIENCES)

<i>Ivanova E. Yu., Moro P. N.</i> Analysis of the dynamics of green territories on the example of the Moscow Urban Center.....	74
<i>Kostrykina A. A., Valov M. V., Zanozin V. V., Barmin A. N.</i> Implementation of ecological and educational and educational projects of the Russian Geographical Society as a factor in the formation of ecological culture of the population.....	81
<i>Ivanova E. Yu., Bryzgunov N. N.</i> Ecological state of the Upa River: modern assessment and analysis.....	89
<i>Romanova A. A., Iolin M. M., Karabayeva A. Z.</i> Cartographic methods in hydrological research of the Volga River Delta	95
<i>Sharova I. S., Nekozyreva M. V.</i> Geoecological consequences of the increasing electromagnetic load in urban environment	101

GEOECOLOGY (GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

<i>Morozova L. A., Dymova T. V.</i> Main sources of pollution in the Caspian Sea during the development of Kazakhstan's oil and gas fields	107
--	-----

Popkov V. I.
Fault-block models of an oil reservoir in the Oymasha granite massif (South Mangyshlak) 114

ABSTRACT 126

RULES FOR AUTHORS 132

ORDER OF REVIEWING 134

ГИДРОГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 8–14.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):8–14 (In Russ.).

Научная статья
УДК 556.3/5: 504.43
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.001>

РОЛЬ КОМПЛЕКСНОГО БАРЬЕРА КАК ОЧИСТНОГО СООРУЖЕНИЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Гаев Иван Аркадьевич^{1✉}, Куделина Инна Витальевна², Алферов Иван Николаевич³

^{1, 2}Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

³Институт экономики Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

¹gaev2@mail.ru ✉

²kudolina.inna@mail.ru

³alferof_ivan@mail.ru

Аннотация. Полезная модель играет важную роль для очистки вод, поступающих как с водосборной площади, так и речной при искусственном подъеме уровня воды в водоеме. Для того чтобы была организована надлежащая защита окружающей среды, а также подземных и поверхностных вод, активно в последние десятилетия используются барьерные технологии. Барьеры подразделяются на геохимические и гидродинамические. Возникает гидродинамический барьер при откачке с разделением потоков загрязненных дренажных вод и в то же время пресных незагрязненных вод. Геохимическим барьером является территория природной среды, где на маленькой дистанции значительно снижается интенсивность миграции соединений и химических элементов, приводя к их концентрации (накоплению). Данные барьеры формируются при изменении геохимической обстановки, например, когда меняются химические условия среды (pH – водородный показатель, окислительно-восстановительный потенциал), либо при резкой перемене скорости движения воздушного или водного потока.

Ключевые слова: геохимические барьеры, гидродинамические барьеры, фоновое загрязнение, очистные сооружения, антропогенное воздействие

Для цитирования: Гаев И. А., Куделина И. В., Алферов И. Н. Роль комплексного барьера как очистного сооружения и его влияние на улучшение качества воды // *Геология, география и глобальная энергия.* 2026. № 1 (100). С. 8–14. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.001>.

ROLE OF A COMPLEX BARRIER AS A TREATMENT FACILITY AND ITS IMPACT ON IMPROVING WATER QUALITY

Ivan A. Gaev^{1✉}, Inna V. Kudolina², Ivan N. Alferov³

^{1, 2}Orenburg State University, Orenburg, Russia

³Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

¹gaev2@mail.ru ✉

²kudolina.inna@mail.ru

³alferof_ivan@mail.ru

Abstract. The utility model plays an important role in the purification of water coming from both the catchment area and the river, as well as in the artificial elevation of the water level in the reservoir. In recent decades, barrier technologies have been actively used to ensure proper environmental protection, as well as for the protection of groundwater and surface water. Barriers can be divided into geochemical and hydrodynamic barriers. A hydrodynamic barrier is created when contaminated drainage water is pumped out and separated from fresh, uncontaminated water. A geochemical barrier is an area of the natural environment where the intensity of migration of compounds and chemical elements is significantly reduced over a short distance, leading to their concentration (accumulation). These barriers are formed when the geochemical environment changes, for example, when the chemical conditions of the environment (pH, redox potential) change, or when the speed of the air or water flow changes dramatically.

Keywords: geochemical barriers, hydrodynamic barriers, background pollution, wastewater treatment facilities, anthropogenic impact

For citation: Gaev I. A., Kudolina I. V., Alferov I. N. Role of a complex barrier as a treatment facility and its impact on improving water quality. *Geology, Geography and Global Energy.* 2026;1(100):8–14. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.001> (In Russ.).

© Гаев И. А., Куделина И. В., Алферов И. Н., 2026

Введение

Полезная модель предназначена для комплексной очистки вод, которые доставляются как со стороны реки, так и водосборной площади при увеличении искусственным способом уровня воды в водоеме.

Основными задачами являются:

- 1) очистка поверхностных и подземных вод;
- 2) улучшение качества воды для бытовых и хозяйственных нужд;
- 3) рациональное использование и охрана природных ресурсов;
- 4) борьба с загрязнением нефтепродуктами;
- 5) налаживание хозяйственной деятельности в урбанизированных и маловодных районах.

Объектом исследования является барьер, который появляется при одновременной откачке загрязненных и чистых вод. Это оборудование содержит: дренажную скважину для загрязненных вод, водозаборные скважины чистых вод, стенку из адсорбционного материала, отличающуюся тем, что данное устройство содержит гидродинамический и геохимический барьеры, состоящие из блока аллювиальных отложений.

Материал и методы

А. И. Перельман (1961) внес огромный вклад в науку, дав определение и фундаментальное представление о понятии, которому дал название «геохимический барьер». Он сгруппировал барьерные технологии с выделением типов (природных, техногенных и техногенно-природных) и классов (физико-химических, биологических, механических и социальных). Они были подробно охарактеризованы. Александр Ильич и его ученики и последователи привели и описали большое количество конкретных примеров распространения этих барьеров в различных регионах мира и охарактеризовали особенности их проявления [8].

Важными элементами для барьера как очистного сооружения служат частички гравия, песка и др. Благодаря этому материалу происходит удержание частиц, которые меньше по размеру, но которые могли бы больше загрязнять воду.

Антропогенное воздействие на природу может оказывать фоновое загрязнение. Фоновое загрязнение проявляется в том случае, когда в процессе производства вырабатываются различные газы и сажа.

В воде опасными элементами благодаря этому воздействию могут оказаться различные тяжелые металлы (Cd, Pb, Cu, Hg и др.). Также опасное влияние могут проявлять такие вещества, как хлорорганические пестициды, которые способны приносить болезни (тиф, малярия и др.), а также оказывать негативное воздействие в хозяйственной деятельности. Необходимо также отметить гексахлорциклогексан, который слабо растворяется в водных массивах. Способен сильно откладываться в воде и живых организмах. Наносит вред пищеварительной и нервной системе. Также его опасность заключается в том, что он может попасть в окружающую среду различными путями (посредством ветра, атмосферных осадков), т. е. там, где он не применяется, а примениться он может в сельскохозяйственной деятельности, чтобы бороться с паразитами и вредителями. Еще он может использоваться при обработке каких-либо натуральных материалов, например древесины. Поэтому с учетом того, где он может оказаться, необходимо проводить опробования воды. При использовании барьерных технологий можно существенно улучшить качество воды, чтобы вышеуказанные вредные компоненты наименьшим образом влияли на окружающую среду, жизнь и здоровье.

Методом исследования является изобретение, которое относится к гидротехническим сооружениям для очистки загрязненных вод, в частности к гидрогеологии (геоэкологии). К комплексным методам относятся обеззараживание, фильтрация, отстаивание и коагуляция.

Можно рассмотреть различные направления в учении о барьерах.

Самым активным является направление в сфере рационального использования природных ресурсов и в области охраны окружающей среды, включая объекты хозяйственной и природной инфраструктуры, снижение и предотвращение негативного влияния на водозаборы, локализацию источников загрязнения.

Гидродинамические и геохимические барьеры часто применяются для защиты окружающей среды и природных вод от загрязнения. Это определяется тем, что в последнее время активнее проявляются процессы загрязнения источников хозяйственно-питьевого водоснабжения и природных вод. Важнейшей задачей является их защита. Присутствуют методы очистки, которые по затратам и вложенным ресурсам не выгодны.

Поэтому ведутся поиски новых комплексных приемов и продуктивных методов защиты водозаборов и природных вод от загрязнения. К данной методике, прежде всего, относится применение барьерных технологий. Необходимо исторически рассмотреть хронологию появления барьеров. В середине прошлого века Перельманом было озвучено определение геохимических барьеров [9].

Концепцию о гидродинамических барьерах сформулировал немного позже В. Д. Бабушкин. Он объяснил, что такой барьер формируется, когда в одно и то же время происходит откачка загрязненных и пресных вод. Благодаря этому образуются потоки, которые разделяются между водозабором пресных вод и дренажом загрязненных вод. Если брать данный раздел, то фильтрация в конкретном случае может ничего не составлять (0). Этот фундаментальный раздел, отделяющий потоки, и будет определяться как «гидродинамический барьер». При передвижении загрязненных вод к водозабору пресных вод возможно значительное ухудшение качества воды. В. Д. Бабушкин объяснил, что водозабор будет безопасно работать в ситуации, когда вышеупомянутая граница между потоками будет располагаться в поле пресных вод.

В. Д. Бабушкин сформулировал характеристику параметров, при которых необходимо обеспечивать контроль и безопасность водозаборов, чтобы максимально снижать вероятность загрязнения. Он проводил оценку случаев, в которых осуществляется фильтрация подземных вод, где среда отличается: по вертикали в неоднородном или однородном пласте; в комплексе горизонтальных пластов с границами неоднородности (не более двух границ); в горизонтальном однородном пласте [7].

Из-за того, что воды загрязняются, начинают проявляться процессы выщелачивания, растворения вещества с аккумуляцией или выносом. Это возникает из-за присутствия в водах агрессивных компонентов. В естественной среде данные процессы осуществляются на границах гидросферы с литосферой и атмосферой. Протекают они в полной мере там, где наиболее глубоко находятся воды сульфатного и хлоридного состава. Они поднимаются к участку с гидрокарбонатными водами. Складывается висящая на волоске система, которая старается восстановить начальное состояние равновесия. Также часть веществ, растворяющихся в воде, переходит в несмешиваемую фазу (жидкую, твердую или газообразную). Дальше идут процессы самоочищения вод, и их концентрация в растворе уменьшается. При этом в процессе самоочищения наибольшим образом выпадает та масса загрязняющего вещества, которая сильнее всего участвует в загрязнении. А. И. Перельман отметил, что значительнее всего процессы самоочищения проявляются на геохимических барьерах.

В. И. Вернадский внес в литературу важнейшее понятие кларка концентрации, которым можно описать процессы концентрации и рассеяния элементов на барьере. Кларк концентрации – это отношение концентрации компонента в данной породе к кларку его в литосфере. Также часто наряду с кларком концентрации применяется величина кратности предельно допустимой концентрации.

Техногенно-природные барьеры смог охарактеризовать А. Я. Гаев. Данный тип барьеров относится к геохимическим. Его можно отнести к естественно-природным барьерам. Инженерно-техническая составляющая этих барьеров достаточно велика. Многие ученые упоминали этот тип естественно-природных барьеров. У нас в регионе большую роль могут играть природные геохимические барьеры.

Природные геохимические барьеры по А. Я. Гаеву делятся на две группы:

Первая складывается на рубеже между гидродинамическими вертикальными зонами. Когда на гидродинамических участках из одной зоны в другую проникает вода, то химическая и физическая среда изменяется. В данном случае неустойчивой становится система вода – порода – газ – живое вещество. Одна часть элементов растворяется, а другая – выходит из раствора.

Процессы их перемещения могут быть различные: одни подвергаются природному процессу замещения (метасоматозу), а другие в виде газа связываются в жидком виде в химическое соединение (хемасорбции). Замечательно описаны данные процессы некоторыми авторами.

Вторая группа демонстрирует барьеры, которые различаются по активности в химическом и физическом отношении. Где происходит контакт пород, там они и проявляются. Благодаря наличию тектонических нарушений также можно их увидеть. По химическим и физическим признакам на изучаемой территории могут попадаться песчаники на карбонатном цементе, мергели, известняки. Они в физико-химическом смысле проявляются сильнее всего. В области разгрузки проявляются активные породы с физико-химической точки зрения, а физико-химически неактивные породы часто присутствуют на площади водозаборов. Как у активных, так и у неактивных пород на контакте выходят из раствора неконсервативные элементы.

Другие элементы выщелачиваются одновременно из химически активных пород. Выделенные барьеры кооперируются (рис. 1). Свешников рассказал про электрохимический механизм процессов, проходящих на барьерах резко скачкообразно относительно способности к комплексообразованию, валентности элементов, величины их ионного радиуса, Ph и Eh среды [10]. На геохимических барьерах идет развитие микрофлоры, когда органические вещества загрязняют воду.

В месте, где находится источник, устанавливается оборудование для перехвата веществ, которые могут оказывать влияние на загрязнение (рис. 1). Вблизи с водоемом создаются барьеры, являющиеся проницаемыми для воды и не проницаемыми для вредных компонентов,

что позитивно влияет на состояние окружающей среды. Геохимические и гидродинамические барьеры входят в состав устройства.

Деформации земной коры происходят там, где районы подвергаются геологическим преобразованиям. Аккумуляция и рассеяние углеводородов осуществляется на месторождениях газа и нефти. Особый характер носят механизмы, которые происходят совместно с преобразованием гипсометрического положения в зоне их размещения. На урбанизированных территориях затопление и подтопление, безусловно, относится к таким негативным ситуациям. Это происходит из-за наводнений и паводков с подтоплением территорий, где идет застройка. Участки с крупными водоемами и районы, находящиеся рядом с морем особенно негативно ощущают эти моменты. К таким участкам и районам, безусловно, относятся прибрежные места у р. Сакмары, Самары и Урал.

Из-за неправильного социально-экономического обустройства участков и районов происходят сильные дожди, переходящие в наводнения. Когда территорию обустривают, могут допускаться недочеты в хозяйственной деятельности.

Из-за этого чаще стали происходить катастрофические наводнения. Раньше такие наводнения возникали не более восьми раз. К сожалению, сейчас наводнения участились в 2–3 раза по сравнению с тем, что было. Эта тенденция видна и в других районах.

Гидродинамические и гидрогеохимические барьеры встраиваются у поверхности раздела в месте залегания пресных вод между дренажными и питьевыми водами. Откачка дренажных и питьевых вод осуществляется одновременно. Загрязненные воды идут на реализацию сельскохозяйственных и других целей, где не используются для питья или при добавлении в пищу. Стоит использовать свойства пород геологической среды самоочищаться, усиливая приемы очистки и устройства очистки. В этом случае есть возможность уберечь водозаборы пресных вод от загрязнения.

Геохимический барьер возникает в ситуации, когда в пласт перед потоком загрязненных вод поступает реагент. Также геохимический барьер может возникнуть благодаря поступлению известкового молока в водоносный горизонт.

Если ориентироваться на последние десятилетия, то четко можно увидеть, что комплексные барьеры необходимы как отдельный класс. Он относится как к техногенным, т. е. осуществляющимся при производственной деятельности человека (исправляющий эту деятельность комплексной очисткой), а также при учете природных процессов.

Эксплуатационные скважины установки (рис. 1) пробурены на глубину 20–30 м до коренных пород и оборудованы фильтром в проницаемом интервале. Вокруг каждой скважины по кругу пробурено по 6 скв. глубиной 10–20 м с обсадными колоннами и фильтрами. В пять из шести скважин насыпаны щебень и дресва, после этого обсадные трубы извлечены. Одна из скважин служит наблюдательной, имея фильтр в интервале 5–10 м. При невысокой проницаемости пород обеспечивается оптимальный приток загрязненных вод, которые вывозятся и утилизируются [6].

При совместном применении геохимического барьера с гидродинамическим получается высокое качество воды ниже по потоку. Когда чистят стоки на очистных сооружениях, то часто используют полимерные флокулянты и неорганические коагулянты ($Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $Ca(OH)_2$). Они используются в пласте, и это снижает затраты денежных средств.

Результаты и обсуждение

Устройство комплексного барьера при восполнении запасов подземных вод будет принадлежать к гидротехническим сооружениям, которые будут улучшать качество загрязненных вод. Эти вопросы задаются такими науками, как геоэкология и гидрогеология.

Для защиты водозабора популярным является устройство, запатентованное под параметрами (RU № 2254414, кл. E 02 B 9/04, 2005.06.20). Это устройство является очень качественным, но слабым моментом является то, что оно предполагает использование пластмассовых труб, где находится также металлическая контурная рама. Дело в том, что эти трубы могут засоряться и это влияет на качество воды.

Прототипом (аналогом) этой модели выступает полезная модель «Устройство барьерного типа перед водозабором пресных подземных вод», № 55382, зарегистрированная в Государственном реестре полезных моделей РФ 10.08.06. Около водосборной площади на пути потоков загрязненных вод у этой модели используется комплексный геохимический и гидродинамический барьер. У этого барьерного устройства недостатком является то, что влияние барьера простирается на потоки загрязненных вод [2, 4]. Эти воды располагаются вблизи с водосборной площадью. В этой обстановке не берется во внимание возрастание запасов подземных вод со стороны реки, которое происходит за счет фильтрации.

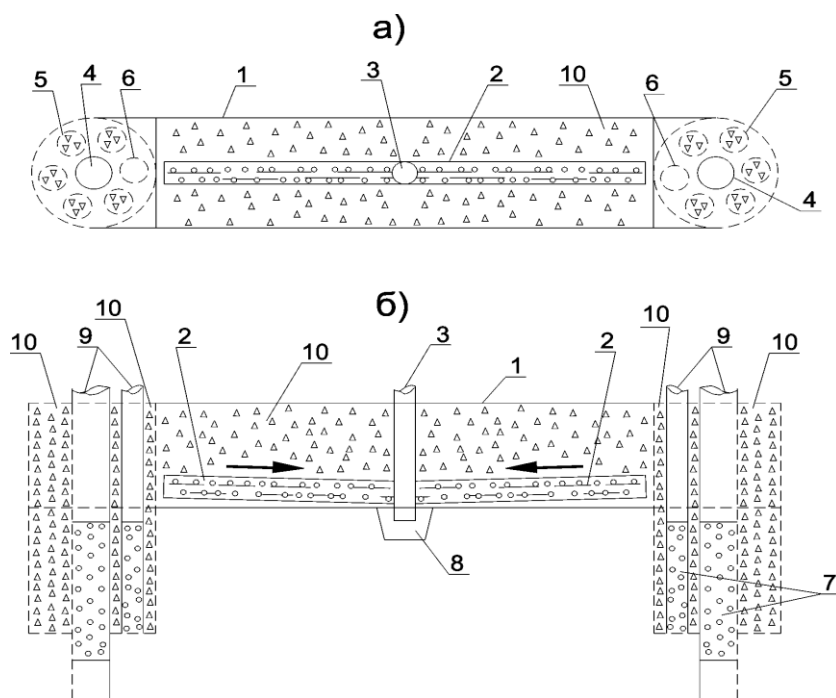


Рисунок 1 – Установка ОГУ по перехвату загрязняющих веществ совмещенным горизонтальным и вертикальным дренажом: 1 – горизонтальная горная выработка с дренажной трубой, заполненная дресвой и щебнем; 2 – труба дренажная перфорированная; 3 – выводная труба; 4 – эксплуатационные скважины, оборудованные погружными насосами; 5 – скважины с дресвяно-щебнистой засыпкой; 6 – скважина-пьезометр для наблюдений; 7 – перфорированные интервалы эксплуатационных и наблюдательных скважин; 8 – сборник загрязненных вод; 9 – обсадные трубы; 10 – дресвяно-щебнистый наполнитель площадей

Создаваемая полезная модель в силах рассчитывать искусственное повышение уровня воды в водоеме и со стороны водосборной площади и положительно влиять на ее очистку во всех вышеуказанных случаях.

Происходит это благодаря тому, что барьерное устройство содержит в себе дренажную скважину загрязненных вод, комплексный барьер, стенку из адсорбционного материала, водозаборные скважины чистых вод. Этот механизм возможен благодаря слиянию геохимического и гидродинамического барьеров перед поверхностным водоемом.

На рисунке 2 мы видим устройство комплексного барьера при восполнении запасов водозаборов в разрезе.

Предложен объект, содержащий: водозаборные скважины чистых вод, дренажную скважину для загрязненных вод, стенку из адсорбционного материала, отличающуюся тем, что данное устройство содержит гидродинамический и геохимический барьеры, состоящие из блока аллювиальных отложений. Гидродинамический барьер образуется при одновременной откачке чистых и загрязненных вод.

Предлагаемый объект позволяет увеличить водопритоки к инфильтрационным водозаборам, улучшить качество воды и существенно снизить интенсивность процессов заиления водозаборных скважин в связи с предотвращением резких сезонных колебаний уровня грунтовых вод.

Предложенный объект функционирует следующим образом. В непосредственной близости от водозаборной скважины чистых вод 1 устраивают дренажную скважину загрязненных вод 2 на всю мощность водоносного горизонта 3. Рядом с дренажной скважиной загрязненных вод 2 устраивается стенка из адсорбционного материала 4 на глубину до водоупорных пород 7. Поток загрязненных вод, проходя через стенку из адсорбционного материала 4, очищается, и после этого он откачивается через дренажную скважину. От поверхностного водоема поток воды устремляется в водоносный горизонт, очищаясь за счет геохимического барьера 6, состоящего из блока аллювиальных пород. При одновременной откачке чистых и загрязненных вод между водозаборной скважиной чистых вод и дренажной скважиной загрязненных вод возникает раздел потоков. На поверхности раздела скорость фильтрации равна нулю, благодаря чему этот раздел служит гидродинамическим барьером 5 [1, 3, 5].

Таким образом, предлагаемый объект позволяет решить вопрос локализации загрязнения вод аллювиальных водозаборов в процессе восполнения их запасов.

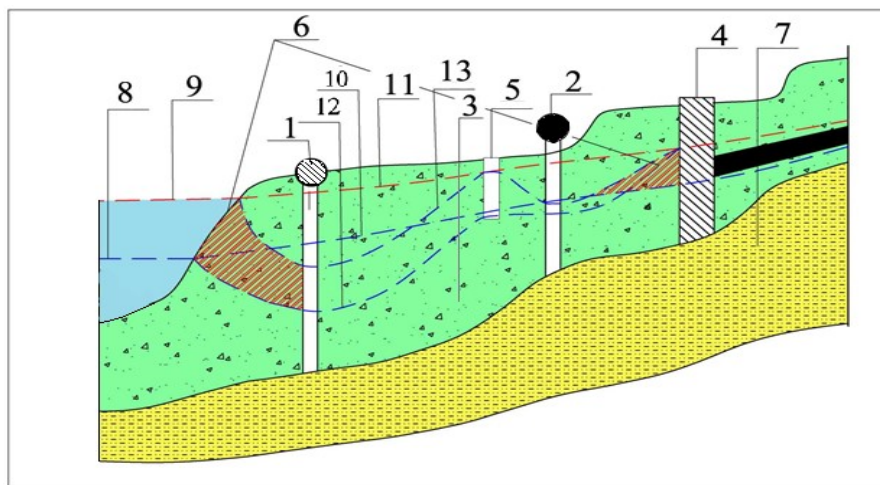


Рисунок 2 – Устройство комплексного барьера при восполнении запасов подземных вод водозабора в разрезе: 1 – водозаборные и 2 – дренажная скважины, пройденные в водоносном горизонте (3); 4 – стенка из адсорбционного материала; 5 – гидродинамический барьер; 6 – геохимический барьер, состоящий из блока аллювиальных отложений, оказавшихся в зоне подтопления. Гидрогеологическая обстановка: 7 – водоупорные породы; 8 – уровень воды в водоеме до восполнения запасов; 9 – тоже после восполнения запасов; 10 – статический уровень подземных вод; 11 – уровень после восполнения запасов; 12 – динамический уровень подземных вод до восполнения запасов; 13 – динамический уровень после восполнения запасов

Выводы

Формула полезной модели дополнительно проработана с учетом особенностей р. Урал. Устройство комплексного барьера при восполнении запасов водозаборов включает: дренажную скважину загрязненных вод, водозаборные скважины чистых вод. Эти скважины пробурены на всю мощность водоносного горизонта. Стенка из адсорбционного материала 4 установлена до водоупора, как и дренажная скважина. Гидродинамический барьер расположен ниже по потоку от дренажной скважины. Стенка из адсорбционного материала снижает уровень загрязнения дренажных вод, а гидродинамический барьер надежно защищает водозаборные скважины от оставшегося загрязнения. Таким образом, защита водозабора обеспечивается стенкой из адсорбционного материала, перехватом загрязнения дренажной скважины и гидродинамическим барьером. Работа комплексного гидродинамического и геохимического барьера обеспечивается тем, что водозаборные скважины расположены ниже по рельефу от указанных средств защиты и включают в свой состав устройства гидродинамического и геохимического барьеров.

Данная работа основывается на изучении очистных сооружений и демонстрирует значимость природных барьеров, благодаря которым появилось больше возможностей для очистки загрязненных вод.

Огромный плюс устройства в том, что оно может определять увеличение уровня вод со стороны водосборной площади, а также в водоеме, и даже в случае фильтрации полезная модель может хорошо влиять на очистку загрязненных вод. Также огромный вклад в теоретическую значимость внесли ученые В. Д. Бабушкин, А. И. Перельман, А. Я. Гаев и др.

Если смотреть также на современные тенденции, то можно сделать такой вывод, что при применении данной модели в реальности может удвоиться производительность применяемых аллювиальных водозаборов. В этом случае можно избежать истощения их эксплуатационных ресурсов.

Список литературы

1. Алферова Н. С. Теоретические основы, методы исследований и защиты гидросферы горнорудных районов Оренбуржья: дис. ... канд. филол. наук. 2006. 252 с.
2. Гаев А. Я., Куделина И. В., Леонтьева Т. В., Саидова Д. Н. Методологические основы водохозяйственных технологий на примере Южного Урала // Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. 2020. С. 16–23.
3. Гаев И. А. Естественные выходы подземных вод и их влияние на здоровье человека // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции, посвященной 70-летию Оренбургского государственного университета, Оренбург, 30 января – 1 февраля 2025 г. Оренбург: ОГУ, 2025. С. 3043–3047.

4. Гаев И. А., Куделина И. В., Галянина Н. П. Геоэкологические исследования в процессе поисков месторождений твердых полезных ископаемых Оренбуржья // Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. 2023. Т. 64, № 1. С. 35–40.
5. Гаев А.Я., Алферов И. Н., Алферова Н. С. Комплексные барьеры для защиты водохозяйственных объектов // Вестник Пермского университета. Геология. 2007. № 4 (9). С. 163–172.
6. Лихненко Е. В. Теоретические основы и методы технической защиты гидросферы нефтегазоносных районов: на примере Оренбуржья: дис. ... канд. ист. наук. 2006. 241 с.
7. Бабушкин В. Д., Гаев А. Я., Гацков В. Г. и др. Научно-методические основы защиты от загрязнения водозаборов хозяйственно-питьевого назначения. Пермь: Пермский университет, 2003. 264 с.
8. Перельман А. И. Геохимия и ландшафты. Москва: Знание, 1961. 48 с.
9. Перельман А. И. Геохимия. Москва: Высшая школа, 1989. 528 с.
10. Свешников Г.Б. Электрохимические процессы на сульфидных месторождениях. Ленинград: Изд-во Ленинградского университета, 1967. 159 с.

References

1. Alferova N. S. *Theoretical foundations, methods of research and protection of the hydrosphere of the mining regions of Orenburg region*: dis. ... candidate of philosophy, 2006:252 (In Russ.).
2. Gaev A. Ya., Kudelina I. V., Leontieva T. V., Saidova D. N. Methodological foundations of water management technologies on the example of the Southern Urals. *Scientific Notes of Khujand State University named after academician B. Gafurov*. Series: Natural and economic sciences; 2020:16–23 (In Russ.).
3. Gaev I. A. Natural groundwater outlets and their impact on human health. *University complex as a regional center of education, science and culture: materials of the All-Russian Scientific Method. conf., dedication. To the 70th anniversary of Orenburg State University, Orenburg, January 30 – February 1, 2025*. Orenburg: OSU; 2025:3043–3047 (In Russ.).
4. Gaev I. A., Kudelina I. V., Galyanina N. P. Geoecological research in the process of prospecting for deposits of solid minerals in Orenburg region. *Scientific notes of the Khujand State University academician B. Gafurov. Series: Natural and Economic Sciences*. 2023;64;1:35–40 (In Russ.).
5. Gaev A. Ya., Alferov I. N., Alferova N. S. Complex barriers for the protection of water management facilities. *Bulletin of the Perm University. Geology*. 2007;4(9):163–172 (In Russ.).
6. Likhnenko E. V. *Theoretical foundations and methods of technical protection of the hydrosphere of oil and gas-bearing areas: on the example of Orenburg region*: dis. ... candidate of historical sciences; 2006:241 (In Russ.).
7. Babushkin V. D., Gaev A. Ya., Gatskov V. G., and others. *Scientific and methodological foundations of protection from pollution of drinking water intakes*. Perm: Perm. Univ.; 2003:264 (In Russ.).
8. Perelman A. I. *Geochemistry and landscapes*. Moscow: Znanie Publ.; 1961:48 (In Russ.).
9. Perelman A. I. *Geochemistry*. Moscow: Higher School; 1989:528 (In Russ.).
10. Svshnikov G. B. *Electrochemical processes in sulfide deposits*. Leningrad: Publishing House of the Leningrad University; 1967:159 (In Russ.).

Информация об авторах

Гаев И. А. – преподаватель кафедры нефтегазового дела;
Куделина И. В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры нефтегазового дела;
Алферов И. Н. – кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Information about the authors

Gaev I. A. – lecturer at the Department of Oil and Gas Engineering;
Kudelina I. V. – Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor of the Department of Oil and Gas Engineering;
Alferov I. N. – Candidate of Sciences (Technical), Senior Researcher.

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 08.12.2025; одобрена после рецензирования 12.01.2026; принята к публикации 26.01.2026.

The article was submitted 08.12.2025; approved after reviewing 12.01.2026; accepted for publication 26.01.2026.

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 15–18.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):15–18 (In Russ.).

Научная статья
УДК 553.7
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.002>

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ АСТРАХАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКИХ ВОД

Серебряков Андрей Олегович^{1✉}, Бычкова Динара Абдулаевна²
Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
¹sereb5@mail.ru[✉]
²geologi2007@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрен состав и эксплуатационные запасы минеральных вод, приуроченных к водоносным пескам апшеронского горизонта: химический состав, температура, органолептические свойства, состав растворенных газов, радиоактивность, фракционный состав, содержание органических веществ. По результатам проведенных исследований воды подобного состава и свойств могут использоваться в курортной практике для бальнеологических целей.

Ключевые слова: бальнеология, минеральная вода, биологически активные вещества, бром, йод, ионы железа, кремниевая кислота, органические вещества

Для цитирования: Серебряков А. О., Бычкова Д. А. Гидрогеологическое обоснование эксплуатации Астраханского месторождения минеральных бальнеологических вод // Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 15–18. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.002>.

HYDROGEOLOGICAL JUSTIFICATION OF THE OPERATION OF THE ASTRAKHAN DEPOSIT OF MINERAL BALNEOLOGICAL WATERS

Andrey O. Serebryakov^{1✉}, Dinara A. Bychkova²
Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
¹sereb5@mail.ru[✉]
²eologi2007@yandex.ru

Abstract. This article discusses the composition and operational reserves of mineral waters associated with the aquifers of the Absheron horizon: chemical composition, temperature, organoleptic properties, dissolved gas composition, radioactivity, fractional composition, and organic matter content. Based on the results of these studies, it is possible to use these waters for balneological purposes in resort practices.

Keywords: balneology, mineral water, biologically active substances, bromine, iodine, iron ions, silicic acid, and organic matter

For citation: Serebryakov A. O., Bychkova D. A. Hydrogeological justification of the operation of the Astrakhan deposit of mineral balneological water. *Geology, Geography and Global Energy*. 2026;1(100):15–18. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.002> (In Russ.).

На территории Астраханской области предполагается использовать в бальнеологических целях минеральные воды, приуроченные к водоносным пескам апшеронского горизонта, залегающего в интервале 257–317 м.

Региональное развитие апшеронского водоносного горизонта на территории Прикаспийской низменности, хорошая изолированность его от поверхностного загрязнения регионально залегающими водоупорами гарантируют стабильность качества лечебных минеральных вод в процессе эксплуатации.

Поисково-разведочные работы на территории медицинского комплекса ЧУЗ «МСЧ» проводились с целью выявления бальнеологических свойств подземных вод апшеронского возраста.

Для проведения поисково-разведочных, а в дальнейшем и детальных работ, согласно Лицензии (серия АСТ, № 001195) на право пользования недрами, выданной Главным управлением природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Астраханской области, на территории медицинского комплекса для разведочных буровых работ выделен участок.

Астраханское месторождение минеральных бальнеологических вод открыто в 2003 г. на территории ЧУЗ «МСЧ» в Советском районе г. Астрахани в районе улиц Кубанской и Луконина. По степени защищенности от загрязнения оно относится к группе надежно защищенных, с относительно неглубоким (150–500 м) залеганием и наличием надежного перекрывающего водоупора, исключаяющего прямую гидравлическую связь с поверхностными и грунтовыми водами.

Эксплуатационная скважина № 1-Б Астраханского месторождения бальнеологических вод расположена на обособленной площадке в восточной части, в 80 м от клиники реабилитации ЧУЗ «МСЧ».

Пробная откачка на скважине № 1-Б проведена с целью получения предварительной оценки гидрогеологических параметров апшеронского водоносного горизонта, а также для определения возможной производительности скважины и выбора режимов проведения опытно-эксплуатационной откачки.

Пробная откачка проводилась на режиме самоизлива, при этом велись непрерывные наблюдения за статическим уровнем по показаниям образцового манометра. Стабилизация дебита произошла через полтора часа работы скважины и составляла до 8,1 л/с (до 700 м³/сут).

Опытно-эксплуатационный этап гидрогеологических исследований скважины № 1-Б включал в себя пять режимов исследований.

Результаты опытной откачки из скважины № 1-Б приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты опытной откачки из скважины № 1-Б

Номер режима	Продолжительность откачки, ч	Давление до начала водовыпуска, кг/см	Давление в конце водовыпуска, кг/см ²	Дебит в конце водовыпуска, м ³ /сут, (дм ³ /с)	Уровень воды в скважине, м		Понижение, м
					статический	динамический	
I	48	1,8	0,1	654,9 (7,58)	+17,53	+0,97	16,56
II	25	1,8	1,0	319,7 (3,70)	+17,53	+9,74	7,79
III	19	1,8	0,5	482,0 (5,58)	+17,53	+4,87	12,66
IV	25	1,8	1,67	51,0 (0,59)	+17,53	+16,26	1,27
V	12	1,8	1,55	102,0 (1,18)	+17,53	+15,09	2,44

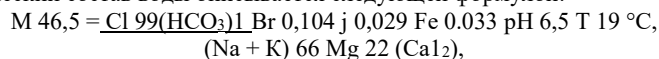
Для отбора пробы воды из скважины № 1-Б и проведения санитарно-бактериологического анализа из скважины была проведена контрольная откачка воды самоизливом на максимальном и заявленных дебитах. Проба отбиралась согласно требованиям Экспертного заключения на отчет «Подсчет запасов Астраханского месторождения минеральных бальнеологических вод». Сведения об эксплуатационных запасах вод приведены в таблице 2.

По результатам разведочных буровых и опытных гидрогеологических работ были подсчитаны и представлены на утверждение Государственной комиссии по запасам (г. Москва) эксплуатационные запасы бальнеологических йодо-бромных минеральных вод хлоридного магниево-натриевого состава Астраханского месторождения в объеме 655 м³/сут по категории «В + С₁», в том числе «В» – 50 м³/сут (заявленная потребность) и 605 м³/сут по категории «С₁».

Таблица 2 – Эксплуатационные запасы минеральных бальнеологических вод

№ скв., обособляющей запасы	Тип воды	Категория запасов	Запасы, м ³ /сут	Температура, °С	Минерализация, г/дм ³	Расчетный срок эксплуатации, лет	Назначение использования воды
Скв. № 1-Б	Йодо-бромная рассольная минеральная вода хлоридно-магниево-натриевого состава J = 17,86 мг/дм ³ Br = 104 мг/дм ³	«В + С ₁ »	Категория «В» – 50, категория «С ₁ » – 605	21	46,5	25	Бальнеологическое лечение при наружном и при разбавлении внутреннем применении

Как показали проведенные исследования бальнеологической характеристики минеральных вод, химический состав воды описывается следующей формулой:



т. е. характеризуется как йодо-бромная, рассольная минеральная вода хлоридного магниево-натриевого состава с повышенным содержанием органических веществ, кремниевой кислоты и железа, слабокислой реакцией среды. По температуре относится к группе холодных источников (менее 20 °С) (табл. 3).

Таблица 3 – Состав воды из скважины № 1-Б

Наименование компонента	Значение компонента
Радиоактивность (цезий-137, уран, радий)	Не превышает фоновых значений для природных минеральных вод
Углекислота свободная, г/л	Не обнаружена
Сероводород	Не обнаружен
Растворенный газ, % об. СО ₂ СН ₄ N ₂	20,63 20,63 58,74
Содержание органических веществ: по углероду нелетучих органических соединений, мг/дм ³ перманганатная окисляемость, мг О ₂ /л	41,0 31,6
Групповой состав, мг/л: фенолы ароматические углеводороды летучие жирные кислоты нафтеновые кислоты	Не обнаружены Не обнаружены 0,028 2,1
Анионы, г/л: фтор хлор бром йод	Не обнаружен 29,114 0,104 0,0288
Катионы г/л: натрий магний железо кальций калий	12,53 2,17 0,03 2,02 0,06

По органолептическим свойствам вода представляет собой желтоватую мутную (прозрачную после отстаивания) жидкость с нефтяным запахом, соленую на вкус. При длительном стоянии проба воды характеризуется выпадением обильного бурого осадка гидрооксидов железа III, и его концентрация в осветленной части природного раствора составляет менее 0,3 мг/дм³, что является присутствием ионов железа, характерной особенностью природного раствора, или оно привносится за счет металла обсадных труб скважины.

На добываемую воду получены положительные результаты всех необходимых исследований: имеется бальнеологическое заключение о химическом составе и бальнеологической ценности воды скважины № 1-Б, выданное Государственным учреждением – Пятигорским государственным научно-исследовательским институтом курортологии Министерства здравоохранения Российской Федерации; по результатам опытных откачек из скважины № 1-Б на отобранные пробы минеральной воды апшеронского водоносного горизонта из Федерального государственного учреждения «Центр Госсанэпиднадзора в Астраханской области» получено положительное заключение санитарно-микробиологических исследований; Государственным учреждением «Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора в городе Астрахани» утверждены зоны санитарной охраны.

Таким образом, согласно ГОСТ 13273-88 вода относится к йодо-бромным, рассольным водам хлоридно-магниево-натриевого состава с высоким содержанием органических веществ, железа и кремниевой кислоты.

Список литературы

1. РЖ 08е. Гидрогеология. Инженерная геология. Мерзлотоведение. Москва: ВИНТИ, 2004. № 9.
2. РЖ 08в. Геохимия. Минералогия. Петрография. Москва: ВИНТИ, 2003. № 10.
3. Воронин Н.И. Минерально-сырьевая база Астраханской области. Астрахань: АГТУ, 2007. 88 с.
4. Серебряков А. О. Экологическая геология: учебник. Москва: Инфра-М, 2021. 235 с.
5. Серебряков О. И. Гидрогеология России: учебник. Москва: Инфра-М, 2022. 175 с.
6. Серебряков А. О., Серебряков О. И. Ресурсы подземных вод Астраханской области для получения импортозамещающих промышленных компонентов, бальнеологии населения и дезинфекции питьевых вод // Геология, география и глобальная энергия. 2021. № 1 (80). С. 68–71.
7. Серебряков О.И., Ушивцева Л. Ф., Серебряков А. О., Жигульская О. П. Гидрогеология: учебник. Москва: Инфра-М, 2019. 233 с.
8. Ушивцева Л. Ф., Серебряков О. И. Гидрогеология месторождений нефти и газа: учебник. Москва: Инфра-М, 2020. 250 с.

References

1. RJ 08e. *Hydrogeology. Engineering Geology. Permafrost Studies*. Moscow: VINITI; 2004:9 (In Russ.).
2. RJ 08v. *Geochemistry. Mineralogy. Petrology*. Moscow: VINITI; 2003:10 (In Russ.).
3. Voronin N. I. *Mineral Resources of the Astrakhan Region*. Astrakhan: ASTU; 2007:88 (In Russ.).
4. Serebryakov A. O. *Environmental Geology: textbook*. Moscow: Infra-M; 2021:235 (In Russ.).
5. Serebryakov O. I. *Hydrogeology of Russia: textbook*. Moscow: Infra-M; 2022:175 (In Russ.).
6. Serebryakov A. O., Serebryakov O. I. Groundwater Resources of the Astrakhan Region for Production of Import-Substituting Industrial Components, Balneology of the Population, and Disinfection of Drinking Water. *Geology, Geography, and Global Energy*. 2021;1(80):68–71 (In Russ.).
7. Serebryakov O. I., Ushvtseva L. F., Serebryakov A. O., Zhigul'skaya O. P. *Hydrogeology: textbook*. Moscow: Infra-M; 2019:233 (In Russ.).
8. Ushvtseva L. F., Serebryakov O. I. *Hydrogeology of Oil and Gas Deposits: textbook*. Moscow: Infra-M; 2020:250 (In Russ.).

Информация об авторах

Серебряков А. О. – доцент кафедры географии, картографии и геологии;
Бычкова Д. А. – ассистент кафедры географии, картографии и геологии.

Information about the authors

Serebryakov A. O. – Associate Professor of the Department of Geography, Cartography and Geology;
Bychkova D. A. – Assistant 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 10.12.2025; одобрена после рецензирования 22.12.2025; принята к публикации 15.01.2026.

The article was submitted 10.12.2025; approved after reviewing 22.12.2025; accepted for publication 15.01.2026.

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 19–29.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):19–29 (In Russ.).

Научная статья
УДК 622.276
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.003>

ОЦЕНКА МЕТОДИК РАСЧЕТА ДЕБИТОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СКВАЖИН НА ПОЗДНЕЙ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ НИЗКОПРОНИЦАЕМОГО КОЛЛЕКТОРА ПРИОБСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Степанов Руслан Илдарович¹✉, Прокатень Елена Вячеславовна²
Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
¹rusya.stepanov.2017@bk.ru ✉
²EProkaten@sfu-kras.ru

Аннотация. Сейчас в доле месторождений как в России, так и в мире идет преобладание пластов с трудноизвлекаемыми запасами. Часто данные месторождения находятся на завершающей стадии разработки, которая обусловлена ростом обводненности продукции, снижением потенциала добывающего и нагнетательного фонда скважин, ростом скин-эффекта и т. д. Основная доля таких месторождений расположена в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, где имеются месторождения на поздней стадии разработки, местами с падающей добычей углеводородов. Для поддержания базовой и привлечения дополнительной добычи, помимо применения геолого-технических мероприятий, методов интенсификации добычи, важнейшей задачей является применение различного типа скважин, которые применяются при разработке месторождения. В статье рассматриваются способы расчета показателей разработки при применении различных типов скважин. По результатам расчета показателей (дебит, коэффициент продуктивности) будет оценена эффективность полученных результатов, а также выбора оптимального типа скважин при эксплуатации Приобского месторождения.

Ключевые слова: Приобское месторождение, дебит, коэффициент продуктивности, пластовое давление, забойное давление, терригенный коллектор

Для цитирования: Степанов Р. И., Прокатень Е. В. Оценка методик расчета дебитов при применении различных типов скважин на поздней стадии разработки в условиях низкопроницаемого коллектора Приобского месторождения // Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1 (100). С. 19–29. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.003>.

EVALUATION OF FLOW RATE CALCULATION METHODOLOGIES FOR VARIOUS WELL TYPES IN THE LATE STAGE OF DEVELOPMENT IN A LOW-PERMEABILITY RESERVOIR OF THE PRIOBSKOYE FIELD

Ruslan I. Stepanov¹✉, Elena V. Prokaten²
Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
¹rusya.stepanov.2017@bk.ru ✉
²EProkaten@sfu-kras.ru

Abstract. Currently, the share of oil fields, both in Russia and globally, is dominated by formations with hard-to-recover reserves. These fields are often in the final stages of development, which is due to increasing water cut, declining potential of production and injection wells, increasing skin effect, etc. The majority of such fields are located in the West Siberian oil and gas province, where some fields are in the advanced stages of development, sometimes with declining hydrocarbon production. To maintain baseline production and attract additional production, in addition to the use of geological and technical measures and production intensification methods, the most important task is the use of various well types during field development. This article discusses methods for calculating development indicators using various well types. Based on the calculated indicators (flow rate, productivity index), the effectiveness of the obtained results will be assessed, as well as the selection of the optimal well type for the Priobskoye field.

Keywords: Priobskoye field, flow rate, productivity index, formation pressure, bottomhole pressure, terrigenous reservoir

For citation: Stepanov R. I., Prokaten E. V. Evaluation of flow rate calculation methodologies for various well types in the late stage of development in a low-permeability reservoir of the Priobskoye field. *Geology, Geography and Global Energy*. 2026;1(100):19–29. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.003> (In Russ.).

Геологическая характеристика Приобского месторождения

Приобское нефтяное месторождение расположено в центральной части Западно-Сибирской равнины, в пределах Ханты-Мансийского автономного округа [1]. Территория изучена геолого-съёмочными и полевыми геофизическими методами, среди которых преобладают методы геолого-геоморфологической, структурно-геологической съёмки, а также геофизические методы, а именно гравиметрическая съёмка, аэромагнитная съёмка, электро- и сейсморазведка. На рисунке 1 показана обзорная карта Приобского месторождения. Геолого-съёмочные и геофизические работы представлены геологической съёмкой масштабов 1:100 000 и 1:200 000 (1954 г.), гравиметрической съёмкой масштаба 1:100 000 (1953–1954 гг.), аэромагнитной съёмкой масштабов 1:100 000 и 1:200 000. Данные работы позволили уточнить структурно-тектоническое районирование и оценить строение кристаллического фундамента. Детальными сейсмическими работами по методу ОГТ был изучен геологический разрез Приобского месторождения с целью выделения коллекторов. На начальном этапе исследований проводились сейсмические работы методом МОВ, по результатам исследований было околонтурено Фроловское поднятие, построены структурные карты по отражающим горизонтам маастрихт-датского, готерив-барремского, низам мезозойских отложений, выявлена Эргинская структура, а также Шапшинское, Леушинское, Эргинское и Салымское поднятия [2]. Материалы работ МОГТ позволили уточнить геологическое строение западной части Салымского района, выявить Нижне-Шапшинское поднятие и Западно-Фроловскую структуру. Начиная с 80-х и 90-х гг. двумерными и трехмерными сейсмическими наблюдениями удалось детально изучить геологический разрез продуктивных мезозойско-кайнозойских отложений, выделить зоны промежуточного комплекса пород.

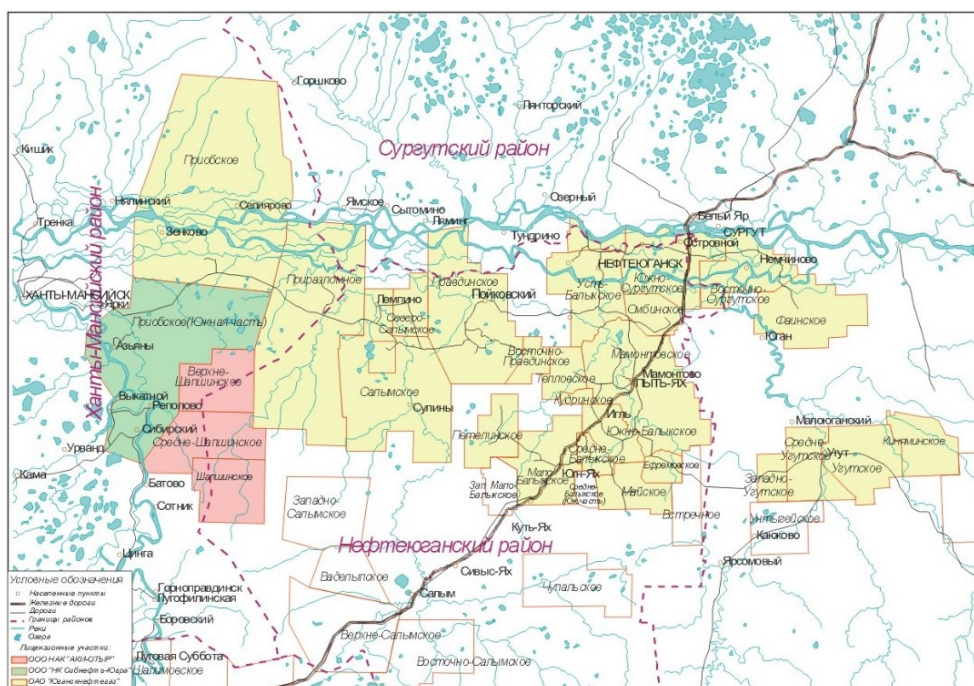


Рисунок 1 – Обзорная карта Приобского месторождения

Тектоническое строение месторождения представляет собой Западно-Сибирскую плиту, которая состоит из трех структурных этажей, а именно складчатого палеозойско-допалеозойского, параплатформенного (промежуточный) и осадочного мезозойско-кайнозойского. Согласно структурно-тектоническому районированию, месторождение расположено в пределах Фроловской впадины, между Сырьгайской террасой и Тундринской седловиной. Толщина осадочного чехла возрастает от районов обрамления впадины к центру до 8–9 км, залегающего несогласно на гетерогенном фундаменте. Отображение структурных элементов показывается на тектонической карте Приобского месторождения, приведенной на рисунке 2.

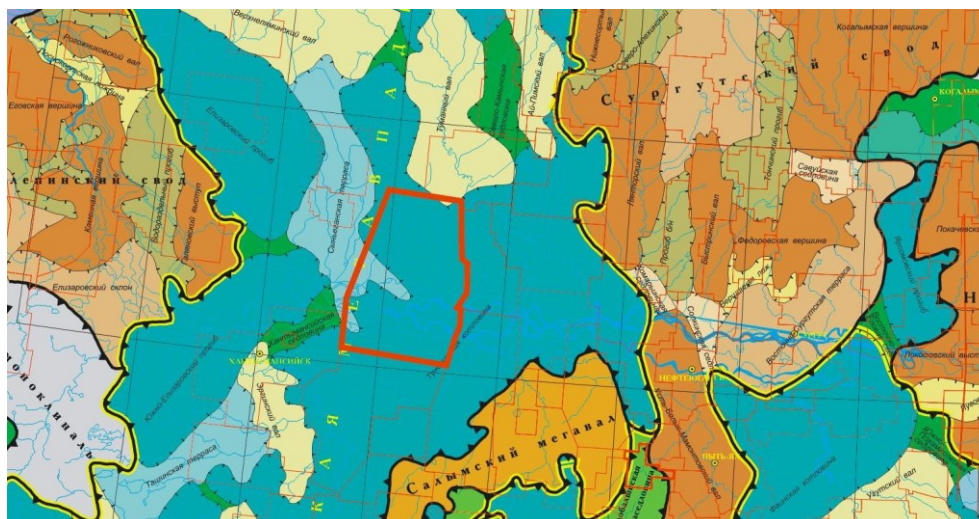


Рисунок 2 – Тектоническая карта Приобского месторождения

Литолого-стратиграфическая характеристика геологического разреза

Геологический разрез Приобского месторождения сложен мощной осадочной толщей пород мезозойско-кайнозойского возраста [2]. На территории месторождения геологический разрез осадочного чехла однотипен. Фундамент представлен различного рода отложениями, среди которых преобладают магматические эффузивные породы. Породы фундамента в целом представлены кварцевыми порфиритами, туфогравелитами, гравелитами, серыми и опесчаненными, кварцевыми и местами базальтовыми. В целом, анализируя литолого-стратиграфические комплексы Приобского месторождения, можно сказать, что продуктивные отложения представлены юрско-меловыми отложениями. Юрская система подразделяется на нижний, средний и верхний комплексы, в составе которых выделяются два комплекса пород, а именно: нижний – континентального генезиса и верхний – морского [3]. Нижний комплекс слагается в основном аргиллитами темно-серыми, слабо алевроитистыми, с прослоями гравелитов и алевролитов. Верхний же комплекс сложен темно-серыми аргиллитами, черными, плотными, массивными, прослоями алевроитистыми, участками они известковистые, глауконитовые. В основании комплекса лежат тонкие пласты песчаников, алевролитов и оолитовых сидеритов, с остатками раковин и белемнитов. Меловые отложения представлены двумя отделами – верхним и нижним. В целом литологический состав представлен аргиллитами темно-черными почти черными, слабо алевроитистыми, слюдястыми, с прослоями известковистых и битуминозных аргиллитов. Имеются следы песчаных пластов со сложным литологическим строением, невыдержанными по площади, они имеют дельтовидное строение. Песчаные пласты характеризуются очень сложным строением, а сами они литологически невыдержаны как по площади, так и в целом по геологическому разрезу. Отложения четвертичной системы и палеогена представлены морскими осадками, а также песчанистыми отложениями, лессовидными суглинками и супесями, с зеленоватыми и буровато-серыми глинами. На рисунке 3 приведен сводный геологический разрез Приобского месторождения.

Основную роль в нефтегазоносности играют неокомовские отложения, в частности продуктивные пласты серии АС₇–АС₁₂, и она связана с литологически экранированными ловушками, приуроченными к линзам коллекторов неокомовских отложений, полностью нефтегазоносными и не имеющими водонефтяного контакта. Геолого-геофизические свойства продуктивных пластов Приобского нефтяного месторождения приводятся в таблице 1. Приобское месторождение расположено во фроловской НГО Приобского нефтегазоносного района. Перспективными считаются отложения тюменской свиты среднеюрского НГК, пласты группы ЮС₂ ЮС₃ и баженовской свиты верхнеюрского НГК, пласт Ю₀, из которых были получены притоки нефти и вынесен керновый материал.

Краткий анализ разработки Приобского месторождения

Месторождение введено в полномасштабную разработку в 1988 г. Система разработки блоковая, трехрядная. Основные продуктивные пласты расположены на Северной и Южной лицензионной территории. Так, начиная с 2006 г. по СЛТ Приобского месторождения было отобрано 235,069 млн тонн нефти и 405,700 млн тонн жидкости, при текущей величине КИН, равной 0,063, при утвержденной его величине, равной 0,348, при величине текущей обводненности, равной 59,4 %. Проектный фонд месторождения, по данным на 2011 г., на СЛТ составляет 1852

скважин, среди которых 973 добывающих, 826 нагнетательных, 51 водозаборная и 2 поглощающих. Разбуривание месторождения проходит очень интенсивно и с опережающими темпами. Коэффициент использования фонда скважин по добывающим скважинам составляет около 0,97 и величину 0,90 по нагнетательному фонду скважин. По данным ЮЛТ Приобского месторождения, отобрано примерно 39,967 млн тонн нефти и 52,051 млн тонн жидкости, текущая величина КИН примерно равна 0,028 при проектном значении, равном 0,231, текущая обводненность равна около 31,3 % [4]. Данные разработки по продуктивным пластам месторождения приводятся в таблице 2. Динамика показателей разработки показана на рисунке 4.

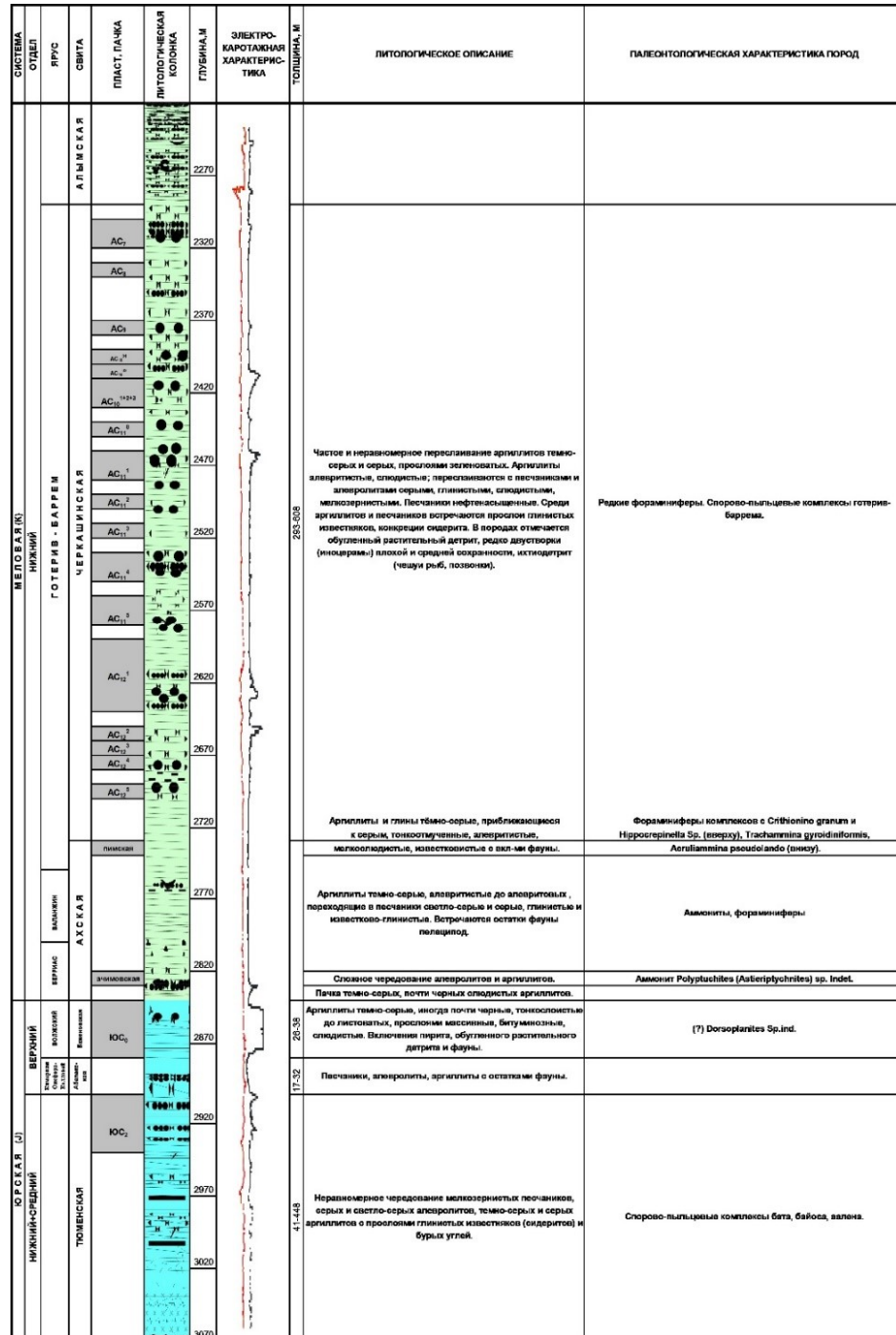


Рисунок 3 – Сводный литолого-стратиграфический разрез Приобского месторождения

Таблица 1 – Геолого-геофизическая характеристика продуктивных пластов Приобского месторождения

Параметр	Значение
Дебит нефти, м ³ /сут	11,3
Газосодержание м ³ /т	50,71
Диаметр штуцера, мм	1 040,01
Средняя глубина залегания, м	2 471
Пластовое давление, МПа	90
Забойное давление, МПа	25,6
Депрессия, МПа	37,22
Коэффициент продуктивности м ³ * 10/сут * МПа	0,57
Гидропроводность, м ³ /МПа * с	26,2
Диаметр НКТ, глубина спуска, мм/м	78/2 257
Скин-фактор	0,95
Пьезопроводность, м ² /с	3,8

Таблица 2 – Текущие показатели разработки Приобского месторождения

Параметр	Значение
Добыча нефти с начала разработки, тыс. т	238 579
Величина текущего КИН, д. ед.	0,064
Средний дебит действующей скв. по нефти, т/сут	51,8
Добыча нефти, тыс. т	33 056,5
Фонд добывающих скважин на конец года, шт.	1 911
Перевод скважин на механизированную добычу, шт.	200
Фонд механизированных скважин, шт.	1 911
Фонд нагнетательных скважин на конец года, шт.	704
Добыча жидкости с начала разработки, тыс. т	407 447
Закачка рабочего агента, тыс. м ³	93 534

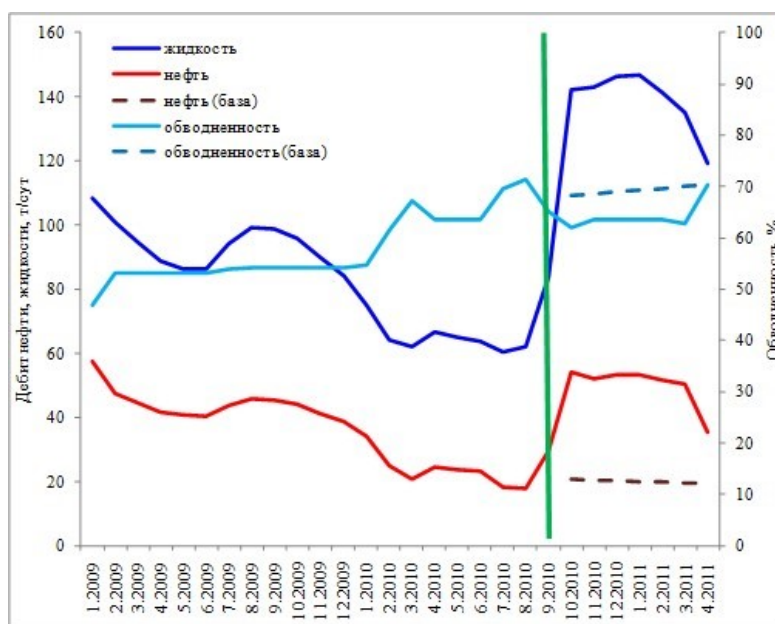


Рисунок 4 – Динамика изменения показателей разработки Приобского месторождения

В целом по месторождению пробурено около 3 040 скважин, 2 134 добывающих скважин, 776 нагнетательных, 117 водозаборных, 13 поглощающих, ликвидировано около 70 скважин и 41 в ожидании ликвидации. Скважины эксплуатируются преимущественно механизированным способом, при помощи насосов УЭЦН. В качестве основного способа поддержания базовой и дополнительной добычи применяется метод гидроразрыва пласта как наиболее известный и применяемый способ интенсификации добычи на месторождениях с низкопроницаемым коллектором.

Оценка различных методов определения производительности горизонтальных скважин

На величину продуктивности скважин влияют разного рода факторы, среди которых особо выделяются степень загрязнения призабойной зоны, физико-химические свойства флюидов и коллекторов, степени вскрытия продуктивного пласта, гидродинамические параметры пласта.

К таковым обычно относятся коэффициент гидропроводности и продуктивности, дебит скважин, обводненность продукции, скин-фактор, пластовое и забойное давление, коэффициент влияния ствола скважины, проницаемость, депрессия на пласт и т. д., размеров зоны дренирования и связи скважины с продуктивным пластом [5]. В изучаемом в работе Приобском месторождении применяются различные типы скважин (горизонтальные, наклонно-направленные, многозабойные), что обусловлено низкими ФЕС коллекторов, поровым строением коллектора и неравномерным дренированием жидкости в отдельных продуктивных пластах. При применении горизонтальных скважин и однофазном течении флюида в скважине все сводится к решению уравнения Лапласа относительно функции Лейбензона. Оно описывается выражением Римана (1):

$$\left[(x-\xi)^2 + (y-\xi)^2 + (z-\xi)^2 \right]^{\frac{1}{2}},$$

где ξ, ζ, x – постоянные.

В случае если сток является отрезком линии равных стоков, то применяются переменные ξ, ζ, x , которые являются координатами точек на линии равных стоков [6]. При применении горизонтальных скважин линия равных стоков представляет собой отрезок координатной оси ОХ (x_1 и x_2), а поведение давления для оценки состояния притока получаем по следующему выражению для нефти (2):

$$P = P_2 - P_1 = \frac{Q_n \mu}{4\pi k l} \int_{x_2}^{x_1} \frac{d\xi}{\sqrt{(x-\xi)^2 + y^2 + z^2}} = \frac{Q_n \mu}{4\pi k l} * \ln \frac{x_2 - x + \sqrt{(x_2 - x)^2 + y^2 + z^2}}{x_1 - x + \sqrt{(x_1 - x)^2 + y^2 + z^2}},$$

где P_1 и P_2 – давления в точках $x = x_2$ и $x = x_1$.

В случае если фильтруется газ, то уравнение представляется в следующем виде (3):

$$P = P_2 - P_1 = \frac{Q_{cm} \rho_{cm} \mu}{4\pi k l} \int_{x_2}^{x_1} \frac{d\xi}{\sqrt{(x-\xi)^2 + y^2 + z^2}} = \frac{Q_{cm} \rho_{cm} \mu}{4\pi k l} * \ln \frac{x_2 - x + \sqrt{(x_2 - x)^2 + y^2 + z^2}}{x_1 - x + \sqrt{(x_1 - x)^2 + y^2 + z^2}},$$

где P – функция Лейбензона;

$\rho_n Q_n$ – плотность нефти и объемный дебит для нефтяной скважины, кг/м³;

$\rho_{ст} Q_{ст}$ – плотность газа и объемный дебит для газовой скважины, приведенные к нормальным и стандартным условиям, кг/м³ и м³/сут;

l – длина горизонтального ствола, м.

В случае применения наклонно-направленной скважины применяется уравнение Полубабиной – Кочиной для как неограниченного, так и полуограниченного пространства, с применением того же уравнения Лапласа для линии равного стока (4):

$$\Phi = \frac{q_*}{4\pi} \int_{M_1}^{M_2} \frac{ds}{\sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + (z-\zeta)^2}},$$

где Φ – начальная и конечная точка оси горизонтального ствола;

«s» – длина дуги от точки M_1 вдоль M_1M_2 ;

q – отнесенный к длине наклонного ствола массовый расход (дебит) скважины;

$\xi = x_1 + s \cos\alpha$;

$\eta = y_1 + s \cos\beta$;

$\zeta = z_1 + s \cos\gamma$;

$\cos\alpha = (x_2 - x_1)/l$;

$\cos\beta = (y_2 - y_1)/l$;

$\cos\gamma = (z_2 - z_1)/l$;

$l^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$;

$\rho^2 = r_1^2 - r_{1s}^2$.

С учетом вышесказанного получаем выражение для потенциала скоростей течения жидкости в пласте, в случае притока флюида в скважине в безграничном пространстве (5):

$$\Phi = \frac{q_*}{4\pi} \int_0^1 \frac{ds}{\sqrt{s^2 - 2r_{1s}s + r_1^2}} = \frac{q_*}{4\pi} * \ln \frac{1 - r_{1s} + \sqrt{(1 - r_{1s})^2 + \rho^2}}{r_1 - r_{1s}} = \frac{q_*}{4\pi} * \ln \frac{r_2 + r_{2s}}{r_1 - r_{1s}} = \frac{q_*}{4\pi} * \frac{(r_1 + r_{1s})(r_2 + r_{2s})}{\rho^2}.$$

Для оценки наиболее известных способов определения дебитов добывающих скважин авторы проводят анализ эффективности известных способов расчета производительности скважин. Для проведения расчетов воспользуемся данными геологических свойств продуктивных пластов Приобского месторождения, приведенными в таблице 3.

Расчет дебита в случае применения горизонтальной скважины будет произведен при помощи уравнения Joshi (6):

$$q = \frac{2\pi kh}{\mu} * \frac{P_k - P_c}{\ln \frac{\alpha + \sqrt{\alpha - \left(\frac{L}{2}\right)^2}}{\frac{L}{2}} + \frac{h}{L} \ln \frac{h}{2r_c}},$$

где k – проницаемость, мкм²;

L – длина горизонтальной скважины, м;

P_k – давление на контуре питания, МПа;

P_c – давление на забое скважины, МПа;

μ – вязкость пластового флюида, мПа * с;

b – объемный коэффициент нефти, д. ед.;

h – эффективная нефтегазонасыщенная толщина пласта, м;

r_c – радиус скважины, м;

R_k – радиус контура питания, м;

α – главная полуось эллипса дренирования в горизонтальной плоскости, м, и рассчитывается по следующему выражению (7):

$$\alpha = \frac{L}{2} \left[\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \left(\frac{2R_k}{L}\right)^4} \right]^{\frac{1}{2}},$$

где R_k – радиус контура питания, м;

L – длина горизонтальной скважины м.

Таблица 3 – Данные для расчета производительности скважин Приобского месторождения

Параметр	Значение
Эффективная нефтегазонасыщенная толщина, м	5,2
Забойное давление, МПа	13,5
Проницаемость пласта по пласту АС ₁₀ по вертикали K_v , Мд	2,2
Проницаемость пласта по пласту АС ₁₀ по горизонтали K_h , Мд	0,2
Радиус контура питания, м	1500
Вязкость нефти, мПа * с	1,20
Радиус скважины, м	0,5
Длина горизонтальной скважины, м	750
Коэффициент проницаемости пласта, 10 ⁻³ мкм ²	107 * 10 ⁻¹⁵
Объемный коэффициент нефти, д. ед.	1,216
Пластовое давление, МПа	22,18
Угол наклона ствола по вертикали, град.	45
Расстояние по вертикали от горизонтального ствола до средней точки продуктивного пласта, м	300
Коэффициент, учитывающий степень загрязнения пласта	1,8
Длина дренируемого пласта, м	500

В случае применения наклонно-направленных скважин при разработке месторождения, пласта конечной длины, наиболее справедливо применение формулы Ю. П. Борисова (8):

$$Q_n = \frac{2\pi kh}{\mu} \Delta P, \quad \mu \left(\ln \frac{4R_k}{l \sin \alpha} + \frac{h}{l} \ln \frac{h}{2r_c} \right)$$

где Q_n – дебит наклонно-направленной скважины, м³/сут;

h – эффективная нефтегазонасыщенная толщина, м;

l – длина горизонтальной скважины пласта, м;

k – проницаемость, мкм²;

μ – вязкость пластового флюида, мПа * с;

r_c – радиус скважины, м;

R_k – радиус контура питания, м;

α – угол наклона ствола вертикали, град.,

ΔP – депрессия на пласт, МПа.

В случае применения вертикальных скважин для расчета дебита мы воспользуемся формулой Дюпона (9):

$$Q_v = \frac{2\pi kh * \Delta P}{\mu_n * \ln \frac{R_k}{r_c}},$$

где Q_v – дебит наклонно-направленной скважины, м³/сут;
 h – эффективная нефтегазонасыщенная толщина, м;
 k – проницаемость, мкм²;
 μ – вязкость пластового флюида, мПа * с;
 r_c – радиус скважины, м;
 R_k – радиус контура питания, м;
 ΔP – депрессия на пласт МПа.

Дебит в случае применения многоствольных скважин, учитывая позднюю стадию разработки, мы можем рассчитать по формуле Б. А. Никитина (10):

$$Q_m = \frac{2\pi\varepsilon\Delta P}{L \ln \frac{4R_k}{L} + \frac{\beta h}{L * n} * \ln \frac{\beta h}{2\pi r_c}},$$

где Q_m – дебит многоствольной скважины, м³/сут;
 k – проницаемость пласта, м²;
 L – длина горизонтального ствола, м;
 R_k – радиус контура питания, м;
 h – эффективная нефтегазонасыщенная толщина пласта, м;
 r_c – радиус скважины, м;
 n – количество горизонтальных стволов многоствольной скважины;
 ε – гидропроводность пласта.

Гидропроводность пласта определяется из следующего выражения (11):

$$\varepsilon = \frac{kh}{\mu},$$

где k – проницаемость пласта, м²;
 h – эффективная нефтегазонасыщенная толщина пласта, м;
 μ – вязкость пластового флюида, мПа * с.

Немаловажным показателем разработки является коэффициент продуктивности скважин, который характеризует возможности продуктивного пласта по флюидоотдаче [7]. В случае вертикальной скважины коэффициент продуктивности рассчитывается с помощью следующего выражения (12):

$$K_v = \frac{2\pi kh}{\mu} * \frac{1}{\ln \left(\frac{h}{2\pi r_c} \right)},$$

где k – проницаемость, мкм²;
 μ – вязкость пластового флюида, мПа * с;
 h – эффективная нефтегазонасыщенная толщина пласта, м;
 r_c – радиус скважины, м.

Коэффициент продуктивности в случае наклонно-направленной скважины будет рассчитываться с применением следующей формулы (13):

$$K_n = \frac{2\pi kh}{\mu} * \frac{1}{\ln \left(\frac{4R_k}{L * \sin \alpha} \right) + \frac{h}{L} \sin \left(\frac{h * \sin \alpha}{2\pi r_c} \right)},$$

где h – эффективная нефтегазонасыщенная толщина, м;
 l – длина горизонтальной скважины пласта, м;
 k – проницаемость, мкм²;
 μ – вязкость пластового флюида, мПа * с;
 r_c – радиус скважины, м;
 R_k – радиус контура питания, м;
 α – угол наклона ствола вертикали, град.

В случае применения горизонтальных скважин, наиболее актуальным будет применение формулы Joshi (14):

$$K_z = 0,535 * 10^{-3} * K_z h \left\{ B \mu \left[\ln \frac{\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 0,25L^2}}{0,5L_w} \right] + \frac{\chi^* h}{L} \ln \frac{0,5(\chi^2 h)^2 + 2(\chi^* \delta)^2}{\chi^2 h r_c} \right\},$$

где h – эффективная нефтегазонасыщенная толщина, м,

b – объемный коэффициент нефти, д. ед.;
 μ – вязкость пластового флюида, мПа * с;
 r_c – радиус скважины, м;
 δ – расстояние по вертикали от горизонтального ствола до средней точки продуктивного пласта, м;

S_o – коэффициент, учитывающий степень загрязнения пласта;
 K_r – проницаемость, мкм²;
 α – главная полуось эллипса дренирования в горизонтальной плоскости, м;
 χ – отношение вертикальной и горизонтальной проницаемости, мкм²;
 L_w – длина дренируемого пласта м. Исследуемую скважину обозначим как N.

Рассчитываем главную полуось дренирования:

$$\alpha = \frac{750}{2} \left[\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \left(\frac{2 \cdot 1500}{750} \right)^4} \right]^{\frac{1}{2}} = 891,9.$$

Дебит горизонтальной скважины:

$$Q = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 107 \cdot 10^{15} \cdot 5,2 \cdot 86400}{1,20} \cdot \frac{22,18 - 13,5}{\ln \frac{891,9 + \sqrt{891,9^2 - \left(\frac{750}{2}\right)^2}}{750} + \frac{5,2}{750} \ln \frac{5,2}{2 \cdot 0,5}} = 14,32.$$

Дебит наклонно-направленной скважины:

$$Q_n = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 107 \cdot 10^{15} \cdot 5,2 \cdot 86400 \cdot 8,68}{1,20 \cdot \ln \frac{1500}{0,5}} \cdot 8,68 = 82,6 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Дебит вертикальной скважины:

$$Q_v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 107 \cdot 10^{15} \cdot 5,2 \cdot 86400 \cdot 8,68}{1,20 \cdot \ln \left(\frac{1500}{0,5} \right)} = 27,27 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Гидропроводность пласта:

$$\varepsilon = \frac{107 \cdot 10^{15} \cdot 5,2}{1,20} = 4,63 \cdot 10^{12};$$

$$\varepsilon = \frac{107 \cdot 10^{-15} \cdot 5,2}{1,20} = 4,63 \cdot 10^{-12}.$$

Дебит многоствольной скважины:

$$Q_M = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4,63 \cdot 10^{12} \cdot 8,68 \cdot 86400}{\ln \frac{4 \cdot 1500}{750} + \frac{1 \cdot 5,2}{750 \cdot 7} \cdot \ln \frac{1 \cdot 5,2}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5}} = 104,8.$$

Коэффициент продуктивности вертикальной скважины:

$$K_v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 107 \cdot 10^{-15} \cdot 5,2 \cdot 86400}{1,20} \cdot \frac{1}{\ln \left(\frac{5,2}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5} \right)} = 49,8.$$

Коэффициент продуктивности наклонно-направленной скважины:

$$K_n = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 107 \cdot 10^{-15} \cdot 5,2 \cdot 86400}{1,20} \cdot \frac{1}{\ln \left(\frac{4 \cdot 1500}{600 \cdot \sin 45} \right) + \frac{5,2}{600} \ln \left(\frac{5,2 \cdot \sin 45}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5} \right)} = 94,9.$$

Коэффициент продуктивности горизонтальной скважины:

$$\chi = \sqrt{\frac{K_v}{K_h}} = \sqrt{\frac{2,2}{0,2}} = 3,31.$$

$$K_c = 0,535 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 \cdot 5,2 \cdot \left\{ 1,45 \left[\frac{891,9 + \sqrt{891,9^2 - 0,25 \cdot 750^2}}{0,5 \cdot 500} + \frac{3,31 \cdot 5,2}{750} \ln \frac{0,5 \cdot (3,31 \cdot 5,2)^2 + 2 \cdot (3,31 \cdot 300)^2}{3,31 \cdot 5,2 \cdot 0,5} + 1,8 \right] \right\} = 27,06.$$

$$K_r = 0,535 * 10^{-3} * 0,2 * 5,2 \left\{ 1,45 \left[\ln \frac{891,9 + \sqrt{891,9^2 - 0,25 * 750^2}}{0,5 * 500} + \frac{3,31 * 5,2}{750} \ln \frac{0,5(3,31 * 5,2)^2 + 2(3,31 * 300)^2}{3,31 * 5,2 * 0,5} + 1,8 \right] \right\} = 27,06.$$

Сопоставление расчетных и фактических данных приводится в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Сопоставление фактического и расчетного дебита при применении различных типов скважин

Формула	Дебит фактический, м ³ /сут	Дебит расчетный, м ³ /сут
Дебит горизонт. скважины, м ³ /сут	7,1	14,32
Дебит вертикальной скважины, м ³ /сут	7,1	27,27
Дебит наклонно-направленной скважины, м ³ /сут	7,1	82,6
Дебит многоствольной скважины, м ³ /сут	7,1	104,8

Таблица 5 – Сопоставление фактического и расчетного коэффициента продуктивности при применении различных типов скважин

Формула	K _{прод} фактический, м ³ /сут/МПа	K _{прод} расчетный, м ³ /сут/МПа
K _{прод} горизонт. скважины, м ³ /сут/МПа	7,1	27,06
K _{прод} вертикальной скважины, м ³ /сут/МПа	7,1	49,8
K _{прод} наклонно-направл. скважины, м ³ /сут/МПа	7,1	94,9

Анализируя полученные результаты, можно сказать, что наиболее высокие результаты работы скважин и K_{прод} были достигнуты при применении вертикальных и наклонно-направленных скважин. Это обусловлено низкими фильтрационно-емкостными свойствами пластов, низкой проницаемостью терригенного коллектора, неоднородностью свойств пласта, а также активным применением геолого-технических мероприятий, ввиду высокой обводненности продукции. Прирост дебита и продуктивности наблюдается в несколько раз. По мнению автора, причины расхождения дебита фактического с полученными расчетными данными говорят о том, что модель реальной скважины не учитывает величину анизотропии пласта, скин-фактора и гидродинамического совершенства скважины. Таким образом, в ходе проведенного анализа авторы рекомендуют применение скважин с наклонно-направленным окончанием стволов для разработки Приобского месторождения с целью получения максимальной производительности скважин.

Заключение

В результате написания данной работы авторами был проведен комплексный анализ применения различных типов скважин при разработке Приобского месторождения с целью получения максимальной добычи УВ. На основе комплексного анализа геолого-геофизической информации, с последующим расчетом дебита и коэффициента продуктивности для разного типа скважин Приобского месторождения, было установлено, что преобладающим типом скважин, который может быть использован при дальнейшей разработке месторождения, являются скважины с наклонно-направленным окончанием ствола. Данный тип скважин позволяет извлекать максимальную добычу углеводородов в условиях высокой обводненности продукции и низкой проницаемости продуктивного пласта. Это позволит выполнять поставленные планы по добыче нефти и газа, наметить шаги по привлечению дополнительной добычи. Для получения более эффективного результата требуется применение скважин с наклонно-направленным стволом, вместе с методом многостадийного гидроразрыва пласта, для поддержания эффективной разработки трудноизвлекаемых запасов и поддержки высоких показателей отборов.

Список литературы

1. Карогадин С. В., Ершов С. В., Сафонов В. С. и др. Приобская нефтеносная зона Западной Сибири: системно-литологический аспект. Новосибирск: Изд-во СО РАН НИЦ ОИГГМ, 1996. 252 с.
2. Кашапов А. А., Кулушев М. М., Родионова И. И. и др. Особенности разработки низкопроницаемых терригенных коллекторов Горшковской площади Приобского месторождения // Нефтяное хозяйство. 2021. № 4. С. 72–75.
3. Черевко М. А. Петрофациальное моделирование Приобского месторождения как основа детализации геологической модели и оптимизации мониторинга разработки // Нефтяное хозяйство. 2012. № 12. С. 18–22.
4. Черевко М. А., Янин К. Е. Первые результаты применения многостадийных гидроразрывов пластов в горизонтальных скважинах Приобского месторождения // Нефтяное хозяйство. 2015. № 2. С. 74–77.
5. Николаев В. А. Физические основы разработки месторождений углеводородов. Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013. 312 с.

6. Кучумов Р. Р., Кучумов Р. Я. Программно-информационное обеспечение расчетов показателей разработки нефтегазовых месторождений с горизонтальными скважинами. Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. 252 с.

7. Каневская Р. Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов. Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. 140 с.

References

1. Karogodin Yu. N., Ershov S. V., Safonov V. S. et al. *The Priobskaya oil-bearing zone of Western Siberia: Systemic and lithological aspect*. Novosibirsk: Publishing house SB RAS; NRC OIGGM; 1996:252 (In Russ.).

2. Kashapov A. A., Kulushev M. M., Rodionova I. I. et al. Features of the development of low-permeability terrigenous reservoirs of the Gorshkovskaya area of the Priobskoye field. *Oil Industry*. 2021;4:72–75 (In Russ.).

3. Cherevko M. A. Petrofacial modeling of the Priobskoye field as a basis for detailing the geological model and optimizing development monitoring. *Oil Industry*. 2012;12:18–22 (In Russ.).

4. Cherevko M. A., Yanin K. E. First results of using multistage hydraulic fracturing in horizontal wells of the Priobskoye field. *Oil Industry*. 2015;2:74–77 (In Russ.).

5. Nikolaev V. A. Physical principles of hydrocarbon field development. Moscow – Izhevsk: Institute of Computer Research; 2013:312 (In Russ.).

6. Kuchumov R. R., Kuchumov R. Ya. *Software and information support for calculating oil and gas field development indicators with horizontal wells*. Tyumen: Tyumen State Oil and Gas University; 2011:252 (In Russ.).

7. Kanevskaya R. D. Mathematical Modeling of Hydrodynamic Processes in Hydrocarbon Field Development. Moscow – Izhevsk: Institute of Computer Research; 2002:140 (In Russ.).

Информация об авторах

Степанов Р. И. – аспирант;

Прокатень Е. В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент.

Information about the authors

Stepanov R. I. – graduate student;

Prokaten E. V. – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, 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 17.11.2025; одобрена после рецензирования 27.11.2025; принята к публикации 15.01.2026.

The article was submitted 17.11.2025; approved after reviewing 27.11.2025; accepted for publication 15.01.2026.

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

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1 (100). С. 30–41.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):30–41 (In Russ.).

Научная статья
УДК 628.31:33:34:35
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.004>

СТЕРОИДНЫЙ ГОРМОН 17В-ЭСТРАДИОЛ В ВОДАХ КАВКАЗА

Агоева Элеонора Анатольевна^{1✉}, Азнаева Милана Радиевна², Ламашвили Людмила Сайрамбаевна³, Хаширова Седа Сайпудиновна⁴, Морозкина Светлана Николаевна⁵, Агоев Андемиркан Адмирович⁶

^{1, 2, 3, 4, 5}Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика

^{1, 3}Кабардино-Балкарский государственный высокогорный заповедник, Кашхатау, Кабардино-Балкарская Республика

⁶Колледж информационных технологий и экономики Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика

¹eleonora_agoeva@mail.ru✉

²miazn@mail.ru

³luki-786.90@mail.ru

⁴seda.aslakhanova@gmail.ru

⁵i_norik@mail.ru

⁶andemirkanagoev0496@gmail.ru

Аннотация. В связи с растущей проблемой присутствия гормональных веществ в водной среде становится особенно актуальным проведение долгосрочных мониторинговых программ и повышение осведомленности общественности. Целью исследований стало определение содержания стероидного гормона 17в-эстрадиола в питьевых и поверхностных водах осенне-зимнего периода 2025 г. и выявление корреляционных связей с численностью населения и количеством населенных пунктов, через которые протекают исследуемые реки. Метод определения – высокоэффективная жидкостная хроматография на приборе ВЭЖХ HELICON 1800 HPLC. Объектом исследования стали питьевые и поверхностные воды 3-х городских округов и 10-ти муниципальных районов КБР, охватывающие горную, предгорную и равнинную геоморфологические зоны. Исследования содержания 17в-эстрадиола (Е2) в питьевых водах находились ниже предела обнаружения метода, равного 1,0нг/л. Тогда как анализ речных вод выявил районы фонового (Эльбрусский, Черекский и Зольский районы) и импактного (Прохладненский, Майский и Баксанский) воздействия. Также определено, что содержание 17в-эстрадиола (Е2) в речных водах по муниципальным районам коррелирует с численностью населения и количеством населенных пунктов, через которые протекает исследуемая река. В связи с выявленным содержанием 17в-эстрадиола в речных водах КБР и воздействием на водную среду и здоровье человека, разработка методических основ программ мониторинга исследования содержания и токсичности стероидных гормонов для установления референтных значений и определения критериев качества вод имеет важное научно-практическое значение для системы здравоохранения РФ.

Ключевые слова: Кавказ, воды, стероидные гормоны, 17в-эстрадиол, концентрация, ВЭЖХ

Благодарности/Финансирование: исследование выполнено при финансовой поддержке внутреннего гранта ФГБОУ ВО КБГУ, им. Х.М. Бербекова (Договор № 35).

Для цитирования: Агоева Э. А., Азнаева М. Р., Ламашвили Л. С., Хаширова С. С., Морозкина С. Н., Агоев А. А. Стероидный гормон 17в-эстрадиол в водах Кавказа // *Геология, география и глобальная энергия*. 2026. № 1 (100). С. 30–41. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.004>.

STEROID HORMONE 17B-ESTRADIOL IN THE WATERS OF THE CAUCASUS

Eleonora A. Agoeva^{1✉}, Milana R. Aznaeva², Lyudmila S. Lamashvili³, Seda S. Hashirova⁴, Svetlana N. Morozkina⁵, Andemirkan A. Agoev⁶

^{1, 2, 3, 4, 5}Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic

^{1, 3}Kabardino-Balkarian State High Mountain Reserve, Kaskhatau, Kabardino-Balkarian Republic

⁶College of Information Technology and Economics of Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic

¹eleonora_agoeva@mail.ru✉

²miazn@mail.ru

³luki-786.90@mail.ru

⁴seda.aslakhanova@gmail.ru

⁵i_norik@mail.ru

⁶andemirkanagoev0496@gmail.ru

Abstract. Due to the growing problem of the presence of hormonal substances in the aquatic environment, it is becoming especially important to conduct long-term monitoring programs and raise public awareness. The aim of the research was to determine the content of the steroid hormone 17 β -estradiol in drinking and surface waters of the autumn-winter period of 2025 and the identification of correlations with the population and the number of settlements through which the rivers flow. The method of determination is high-performance liquid chromatography using a HELICON 1800 HPLC HPLC device. The object of the study was the drinking and surface waters of 3 urban districts and 10 municipal districts of the CBD, covering mountainous, foothill and lowland geomorphological zones. Studies of the content of 17 β -estradiol (E2) in drinking waters were below the detection limit of 1.0ng/l. Whereas the analysis of river waters revealed areas of background (Elbrus, Chereksky and Solsky districts) and impact (Prokhladnensky, Maysky and Baksan) impacts. It was also determined that the content of 17 β -estradiol (E2) in river waters in municipal areas correlates with the population and the number of settlements through which the river under study flows. Due to the revealed content of 17 β -estradiol in CBR river waters and the impact on the aquatic environment and human health, the development of methodological foundations for monitoring programs for the content and toxicity of steroid hormones, for establishing reference values and determining criteria for water quality, is of great scientific and practical importance for the Russian healthcare system.

Keywords: Caucasus, water, steroid hormones, 17 β -estradiol, concentration, HPLC

Acknowledgements/Funding: the study was financially supported by an internal grant from the Kh.M. Berbekov KBSU (Contract № 35).

For citation: Agoeva E. A., Aznaeva M. R., Lamashvili L. S., Hashirova S. S., Morozkina S. N., Agoev A. A. Steroid hormone 17 β -estradiol in the waters of the Caucasus. *Geology, Geography and Global Energy*. 2026;1(100):30–41. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.004> (In Russ.).

Введение

Наряду с выявленным беспрецедентно большим количеством потенциальных экологических рисков для здоровья и жизни людей, развитие современной цивилизации указывает на необходимость взвешенного и комплексного подхода к разработке стратегий их устранения и снижения угроз здоровью населения.

К основным экологическим рискам, представляющим угрозу населению РФ, как к предмету приоритетных исследований относятся следующие: химические, биологические, физические факторы окружающей среды и среды обитания человека, включая производственные условия, а также риски, связанные с опосредованным воздействием вредных факторов через экологические системы.

Мировая практика показывает, что в связи с относительно высокой значимостью влияния факторов окружающей среды на состояние здоровья населения, большое значение придается контролю и управлению качеством окружающей среды. При этом выявление причинно-следственных связей между воздействием факторов окружающей среды и возможными изменениями состояния здоровья человека является задачей гигиенической диагностики, целью которой – это исследование состояния природной и социальной среды, здоровья человека (популяции) и установление зависимостей между состоянием среды и здоровьем.

В последние десятилетия стероидные гормоны привлекли повышенное внимание ученых и общественности всего мира ввиду своей распространенности и канцерогенности [1–5].

Эстрогены – это подкласс стероидных гормонов, которые производятся фолликулярным аппаратом яичников у женщин, также в небольших количествах они вырабатываются в коре надпочечников и в небольших количествах в яичках у мужчин. На сегодняшний день выделено более 30 видов эстрогенов [6].

Одним из путей попадания стероидных гормонов в окружающую среду является малоэффективная работа очистных установок для питьевой воды и очистных сооружений для канализационных стоков, которые не позволяют удалять загрязняющие вещества с низкой концентрацией (<нг/л) [7–8].

Стероидные гормоны, попадая в поверхностные и подземные воды в результате гидрологического цикла – осадки, поверхностный и подземный сток, орошение сельхозугодий навозной жижей [13–15], приводят к их аккумуляции в экосистемах и, как следствие, оказывают постоянное негативное воздействие на все живое, включая и человека [16–18].

Стероидные гормоны, даже при низких своих концентрациях на уровне нг/л, приводят к изменению гормонального уровня, негативно влияя на репродуктивную, нервную и иммунную системы организмов [9–12].

Так, стало известно о феминизации рыб данио рерио (*Danio rerio*), медаки (*Oryzias latipes*) и толстоголового гольяна (*Pimephales promelas*) после воздействия стероидных гормонов различной концентрации – E1, 17в-E2, E3, и EE2 [19–20].

Была описана взаимосвязь канцерогенных свойств эстрогенов и избыточного их содержания в воде, которая привела к врожденным дефектам половой, эндокринной, нервной и иммунной систем у человека. Так, например, присутствие в воде эстрогена (E1), до начала периода менопаузы у женщин, может привести к синдрому поликистозных яичников или раку [21–23].

К стероидным гормонам группы эстрогенов относятся эстрон (E1), 17в-эстрадиол (E2), эстриол (E3) и синтетический эстроген – 17б-этинилэстрадиол (EE2), которые известны в литературе своей высокой эстрогенной активностью при низких концентрациях [24]. При этом надо отметить, что 17в-эстрадиол (E2) является наиболее канцерогенным и разрушительным для эндокринной системы гормоном, потенциал которого может быть даже в тысячу раз выше, чем у синтетических веществ (например, нонилфенола).

17в-эстрадиол (E2) – стероидный гормон из группы эстрогенов, в основном секретируемый гранулезными клетками фолликулов яичников и в ходе синтеза холестерина. Образующие конъюгаты – глюкурониды 17в-эстрадиола (E2) – в дальнейшем выделяются с продуктами жизнедеятельности [25–27].

Многочисленные ранее проведенные исследования по содержанию стероидных гормонов в питьевых и поверхностных водах Африки, Европы, Азии, Америки, Китая, Испании, Бразилии в период с 1998 по 2020 г. указали на различное их содержание. Токсичность и канцерогенная активность стероидных гормонов была доказана путем расчета оптимизированного коэффициента риска, распределение которого выглядит следующим образом: $EE2 > 17в-E2 > E1 > E3$ [28–29].

Согласно проведенным исследованиям, присутствие стероидных гормонов, в частности 17в-эстрадиола (E2), в воде стало серьезной мировой проблемой ввиду своей распространенности и канцерогенности. В соответствии с Водной рамочной директивой Европейского союза от 2013 г., 17в-эстрадиол (E2) был включен в список веществ, подлежащих контролю, при ПДК, равной 0,4 нг/л.

Поэтому важно оценить потенциальный риск гормонов для водных экосистем и в дальнейшем их токсичность для организмов [30–34], что достигается путем измерения их концентрации в водных объектах.

Цель, объекты, задачи

Оценка состояния количества и качества водных ресурсов в последнее время приобретает все более острый социально-экономический характер, что обусловлено увеличением влияния антропогенного фактора и изменением метеорологических показателей на глобальном и региональном уровне, влияющих на формирование компонентов водного баланса рек, т. е. количества воды, переносимого рекой за определенный промежуток времени.

Целью исследований стало определение содержания стероидного гормона 17в-эстрадиола (E2) в питьевых и поверхностных водах осенне-зимнего периода 2025 г.

Объектом исследования стала территория Кабардино-Балкарской Республики (КБР), трех геоморфологических зон – горная, предгорная и равнинная. Исследуемая территория занимает часть Предкавказской равнины и граничит со Ставропольским краем, Республиками Северная Осетия – Алания, Грузия и Карачаево-Черкессия. Общая площадь КБР составляет 12,5 тыс. км², что составляет 0,7 % от площади РФ и 2,9 % от площади Северо-Кавказского федерального округа (СКФО). КБР – горная республика, которая по особенностям своего строения и характеру рельефа делится на три части: равнинную (33 %) – от 170 м до 500 м н. у. м., предгорную (16 %) – от 500 м до 1 000 м н. у. м. и горную (51 %) и включает в себя следующие административно-территориальные единицы: 3 города республиканского значения (Нальчик, Прохладный и Баксан) и 10 муниципальных районов (рис. 1, табл. 1). По данным Управления Федеральной службы государственной статистики по СКФО, численность населения КБР на 1 января 2025 г. составила 908 214 тыс. человек [35–36].

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- для полного охвата всей территории КБР определить пункты отбора водных образцов с учетом административно-территориального разделения территории КБР;
- наглядно отобразить исследуемые пункты отбора водных образцов на карта-схеме в GIS программе Аксиома-5;
- проведение отбора проб питьевых вод в административных центрах городских округов и муниципальных районов КБР;
- проведение отбора поверхностных вод на реках Баксан, Черек, Золка, Чегем, Нальчик, Лескен, Терек и Малка максимально приближенно к административным центрам городских округов и муниципальных районов КБР;

- проведение этапа пробоподготовки водных образцов методом твердофазной экстракции (ТФЭ) на дисках с октадецилом (С18);
- определение массовой концентрации 17в-эстрадиола (Е2) на приборе ВЭЖХ HELICON 1800 HPLC;
- определение в водных образцах значений химических величин – рН и удельной электрической проводимости (УЭП);
- выявление пространственно-корреляционных взаимосвязей содержания 17в-эстрадиола (Е2) в водных образцах с химическими величинами и демографическими показателями районов исследований;
- в соответствии с полученными результатами исследований были выявлены зоны фонового и импактного воздействия.

Изучение содержания 17в-эстрадиола (Е2) в водных ресурсах КБР является актуальным направлением, ввиду того что данный регион характеризуется развитой сетью агропромышленного и сельскохозяйственного секторов, являющихся потенциальными источниками гормональной нагрузки на экосистемы региона, а также использование населением септиков, вместо централизованных канализационных систем, приводящих к обогащению подземных водоносных горизонтов различными химическими, микробиологическими поллютантами, в том числе и гормональными.

Данные исследования ранее никем не проводились и не были опубликованы. Результаты проведенных исследований представлены в виде таблиц и гистограмм (рис. 1–3 и табл. 1–3).



Рисунок 1 – Карта-схема пунктов отбора проб

Методология и методы анализа водных образцов

Проводимые нами исследования водных образцов осуществлялись в соответствии с нормативными документами, допущенными к использованию при мониторинге объектов окружающей среды, – РД 52.18.595-96:

- отбор, предварительную обработку, хранение водных образцов проводили согласно ГОСТ Р 59024-2020 и ЕРА 539-2010 [37–38];
- для определения высоты над уровнем моря, широты и долготы использовали высотомер Altimeter;
- для удаления мутности из водных образцов использовали центрифугу лабораторную UC-4000E;
- для гомогенизации полученных растворов использовали шейкер медицинский S-3L.A20, ELMi;
- для концентрирования водных образцов использовали водяную баню LOIP LB-160;
- для удаления пузырьков воздуха из готовых стандартных образцов и проб использовали ультразвуковую ванну Stegler 3DT (3 л, 20–80 °С, 120 W);
- водородный показатель (рН) измеряли на рН-метре-иономере Эксперт-001.3.01, потенциометрическим методом согласно ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-2018 [39];

- определение УЭП проводили согласно руководству к прибору кондуктометру Эксперт-002;
- для этапа пробоподготовки водных образцов использовали патроны для твердофазной экстракции с сорбентом октадецил С18 диаметром 47 мм;
- количественное определение 17в-эстрадиола (Е2) проводили согласно методу EPA 539-2010 на приборе ВЭЖХ HELICON 1800 HPLC;
- система ВЭЖХ HELICON 1800 HPLC состояла из: автоматического пробоотборника Agilent G1316A; колонковой печи G1316A; градиентного насоса HELICON® 1800 QLPC, 1,001–10 мл/мин., 10 000 пси; термостата колонок HELICON® 1800 CO, 5-80 °C / Column Oven; ВЭЖХ колонки Arcus-C-18, 5 мкм, 4,6*150 мм / Arcus C18, 5 µm, 120 E, 4,6*150 мм; УФ/Вид детектор HELICON® 1800 UV D 190–800 нм;
- для сбора и обработки хроматографических данных использовалась программа EXClarity GLP/21CFR, HPLC controlled.

Экспериментальные исследования на приборе ВЭЖХ HELICON 1800 HPLC, а также этапы пробоподготовки проводили с использованием следующих реактивов, марки х.ч. и о.с.ч.: стандартный образец свободного эстрогена 17в-эстрадиола (Е2) ($\geq 98,0\%$) – «Маклин ООО», Шанхай; Ацетонитрил (99,9 %) для ВЭЖХ – «ООО Криохим» Россия; метанол ($\geq 99,8\%$) – «ООО Акваметрия», Россия; гидроксид аммония (25 %) – «Alpha Chemika», Индия; тиосульфат натрия – «ООО Гранхим», Россия; натриевая соль 2-меркаптопиридин-1-оксида – «Маклин ООО», Шанхай.

Отбор проб водных образцов

Нами были отобраны водные образцы питьевых и поверхностных вод в 3-х городских округах и 10-ти муниципальных районах КБР, осенне-зимнего периода 2025 г. Отбор проб питьевых вод осуществлялся в административных центрах городских поселений и муниципальных районов. Принципом выбора пункта отбора проб для поверхностных вод послужила максимальная приближенность речного водотока к исследуемому административному центру городских поселений и муниципальных районов.

Емкости для отбора проб были предварительно ополоснуты метанолом и дистиллированной водой. Объем отбираемой водной пробы составлял 1,5 л. Сразу после отбора образцы с питьевой водой подвергались дехлорированию путем добавления тиосульфата натрия, концентрацией 80 мг/мл из расчета 1 мл на 1,5 л пробы. Для образцов поверхностных вод этап с дехлорированием не проводился. Также для предотвращения микробной деградации проб питьевых и поверхностных вод добавляли натриевую соль 2-меркаптопиридин-1-оксид.

Поддержание температуры водных образцов, равной 10 °C во время доставки их в лабораторию, осуществлялось с помощью контейнера с охлаждающими кассетами. В лабораторных условиях до начала анализа образцы проб хранились при температуре 6 °C и ниже, но не замораживались.

Пробоподготовка водных образцов

Проведению анализа водных образцов ВЭЖХ-методом на содержание 17в-эстрадиола (Е2) предшествовала процедура пробоподготовки твердофазной экстракцией (ТФЭ) на картриджах с октадецилом (С18) диаметром 47 мм. Использование данного метода предпочтительно ввиду его экспериментальной простоты, легкой автоматизации, меньшего расхода токсичных растворителей и доступности множества сорбентов с различной селективностью [40–41].

Подготовка картриджа для ТФЭ осуществлялась путем обработки смесью, состоящей из: метанола – 6 мл, уксусной кислоты (0,1 %) – 3 мл и бидистиллированной воды – 3 мл.

Перед процедурой ТФЭ водный образец центрифугировали либо отфильтровывали с помощью шприцевых фильтров толщиной 0,45 мкм. Затем картридж заправляли по 5 мл метанола и бидистиллированной воды. Образец объемом 1,5 л пропускали через картридж для ТФЭ (С18) со скоростью потока 10–15 мл/мин. Исследуемый гормон элюировали, используя 5 мл метанола с добавлением ацетонитрила (5 %). Элюированный объем пробы высушивали в токе азота с использованием водяной бани при температуре 40 °C, полученные экстракты повторно растворяли в 1 мл смеси метанола и воды (80:20). После фильтрации через шприцевые фильтры толщиной 0,45 мкм, пробы воды объемом 20 мкл вводили в хроматографическую колонку.

Условия проведения анализа

Количественное определение содержания 17в-эстрадиола (Е2) в водных образцах осуществлялось на приборе ВЭЖХ HELICON 1800 HPLC в режиме множественного мониторинга с обращенно-фазовой полярностью.

Калибровочную кривую определения 17в-эстрадиола (Е2) строили по 5-ти точкам стандартных образцов различной концентрации в диапазоне от 1,0 до 30 нг/л в метаноле для ВЭЖХ (50 %). Исходником послужил стандартный образец 17в-эстрадиола (Е2) концентрацией 1 000 мкг/мл, растворенный в метаноле для ВЭЖХ (99,8 %). В данном диапазоне концентраций, приготовленных для стандартных образцов 17в-эстрадиола (Е2), уравнение корреляции и коэффициент детерминации выглядели следующим образом:

Температура колонки во время анализа составляла 35 °С, скорость потока в колонке – 0,200 мл/мин., объем инъекции – 20 мкл, длина волны – 254 нм. В качестве подвижной фазы использовали смесь метанола (99,8%) (компонент А) и гидроксида аммония (0,2%) с рН 10–10,5 (компонент Б) (табл. 2).

Таблица 1 – Условия градиентного элюирования определения 17β-эстрадиола (Е2) методом ВЭЖХ

Время, мин.	Объемная доля компонента, %		
	Вода	Метанол	Гидроксид аммония
0	40	50	10
16,5	40	50	10
17,5	25	65	10
30	25	65	10
31	5	85	10
35	5	85	10
35,1	40	50	10
50	40	50	10

Обсуждение

Таблица 2 – Пункты отбора проб водных образцов

Названия населенных пунктов городских округов и муниципальных районов КБР	Городские округа и муниципальные районы		Концентрация 17β-эстрадиола (Е2), нг/л		Величина	
	Общее количество человек, тыс.	Численность человек от общего по КБР, %	Питьевая вода	Речная вода	рН, ед	УЭП, мксм/см
Количество человек в КБР (01.01.2025 г.) – 908 214 тыс. человек						
1 – Эльбрусский р-он – г. Тырныауз / р. Баксан (2 670 м н. у. м., 43°2400 с. ш., 42°5500 в. д.)						
с.п. Эльбрус, с.п. Верхний Баксан, г. Тырныауз*	29 167	3,2	< 1,0	< 1,0	8,0	224,7
2 – Черекский р-он – п. Кашхатау / р. Черек (762 м н. у. м., 43°3290 с. ш., 43°6352 в. д.)						
с.п. Безенги, с.п. Карасу, с.п. Верхняя Балкария, с.п. Бабугент, п. Кашхатау	17 564	1,9	< 1,0	< 1,0	8,5	225
3 – Зольский р-он – п. Залукокоаже / р. Золка (615 м н. у. м., 43°5400 с. ш., 43°1210 в. д.)						
с.п. Белокаменское, с.п. Шордаково, с.п. Светловодское, п. Залукокоаже	14 562	1,6	< 1,0	< 1,0	7,7	240
4 – г.о. Нальчик / р. Нальчик (515 м н. у. м., 43°2900 с. ш., 43°3700 в. д.)						
районы: Хасанья, Долинск, Вольный Аул, Дубки, Центр, Колонка, Телемеханика, Александровка	65 488	72,1		1,1	7,8	270
5 – Чегемский р-он – г.Чегем / р.Чегем (495 м н. у. м., 46°5663 с. ш., 43°5734 в. д.)						
с.п. Верхне Чегемское, с.п. Хушто Сырт, с.п. Нижний Чегем, с.п. Лечинкай, с.п. Яникой, с.п. Чегем-2, г.п. Чегем-1	47 223	5,2	< 1,0	1,3	8,2	310
6 – Баксанский р-он – г.о. Баксан / р. Баксан (455 м н. у. м., 43°4100 с. ш., 43°3200 в. д.)						
Эльбрусский р-он: с.п. Эльбрус, с.п. Верхний Баксан, г. Тырныауз, с.п. Былым, с.п. Бедик, с.п. Лашкута Баксанский р-он: с.п. Жанхотеко, с.п. Заюково, с.п. Атажукино, с.п. Исламей, с.п. Баксаненок, г. Баксан + с. Кызбурун 3	134 552	14,8	< 1,0	2,1	7,8	560
7 – Лескенский р-он – с.п. Анзорей / р. Лескен (400 м н. у. м., 43°2215 с. ш., 43°5733 в. д.)						
с.п. Ташлы-Тала, с.п. Верхний Лескен, с.п. Ерокко, с.п. Второй Лескен, с.п. Анзорей	12 357	1,4	< 1,0	1,3	8,1	475
8 – Урванский р-он – г. Нарткала / р. Черек (369 м н. у. м., 43°5644 с. ш., 43°8563 в. д.)						
Черекский р-он: с.п. Безенги, с.п. Карасу, с.п. Верхняя Балкария, с.п. Бабугент, п. Кашхатау, с.п. Аушигер Урванский р-он: с.п. Псыгансу, с.п. Старый Черек, с.п. Нижний Черек, с.п. Кахун, с.п. Псынабо, г. Нарткала	82 400	9,1	< 1,0	1,8	7,9	610
9 – Терский р-он – г. Терек / р. Терек (260 м н. у. м., 43°48333 с. ш., 44°13611 в. д.)						
с.п. Плановское, с.п. Дейское, с.п. Интернациональное, г. Терек	29 379	3,3	< 1,0	2,0	8,1	550

Продолжение таблицы 2

10 – Майский р-он – г. Майский / р. Черек (220 м н. у. м., 43°3750 с. ш., 44°0404 в. д.)						
Черекский р-он: с.п. Безенги, с.п. Карасу, с.п. Верхняя Балкария, с.п. Бабугент, п. Кашхатау, с.п. Аушигер Урванский р-он: с.п. Псыгансу, с.п. Старый Черек, с.п. Нижний Черек, с.п. Кахун, с.п. Псынабо, г. Нарткала, с.п. Псыкод Майский р-он: с.п. станция Котляревская, г. Майский	113 373	12,5	< 1,0	2,3	8,3	610
11 – Прохладненский р-он – г.о. Прохладный / р. Малка (215 м н. у. м 43°4500 с. ш., 44°0259 в. д.)						
Зольский р-он: с.п. Хабаз, с.п. Каменомостское, с.п. Сармаково, с.п. Камлюково, с.п. Приречное, с. Малка Баксанский р-он: с. Куба, с.п. Псыхурей, с.п. Кременчук-Константиновское Прохладненский р-он: с.п. Псыншоко, с.п. Карагач, с.п. Солдатская, с.п. Черниговское, с.п. Янтарное, с. Учебное, с.п. Прималкинское, г. Прохладный	122 852	13,5	< 1,0	3,1	8,2	654

* – административные центры городских округов и муниципальных районов КБР, в которых отбирались образцы питьевых вод.

В таблице 2 отмечены населенные пункты муниципальных районов КБР, встречающихся на пути передвижения исследуемых речных водосборов с горной зоны к равнинной – р. Баксан, Черек, Золка, Чегем, Нальчик, Лескен, Терек и Малка, а также к административным центрам республики, в которых максимально приближенно отбирались пробы речных вод.

Необходимо отметить, что г.о. Нальчик состоит из 30 районов, из которых – 8 (Хасанья, Долинск, Вольный Аул, Дубки, Центр, Колонка, Телемеханика и Александровка) находятся более приближенно к пойме р. Нальчик [42]. Для расчета общей численности населения 8-ми вышеуказанных районов и ввиду отсутствия данных по количеству проживающих в них человек, нами было взято усредненное количество, исходя из общей численности населения г.о. Нальчик, равное 245 558 тыс. человек, поделенное на 8 районов. Таким образом, общая численность проживающего населения в районах, находящихся в непосредственной близости к пойме р. Нальчик, составила 65 488 человек.

Согласно проведенным исследованиям, содержание 17в-эстрадиола (Е2) в питьевых водах административных центров городских округов и муниципальных районов КБР находится ниже предела обнаружения метода исследования, равного 1,0 нг/л. Тогда как анализ речных вод выявил зоны фонового и импактного воздействия.

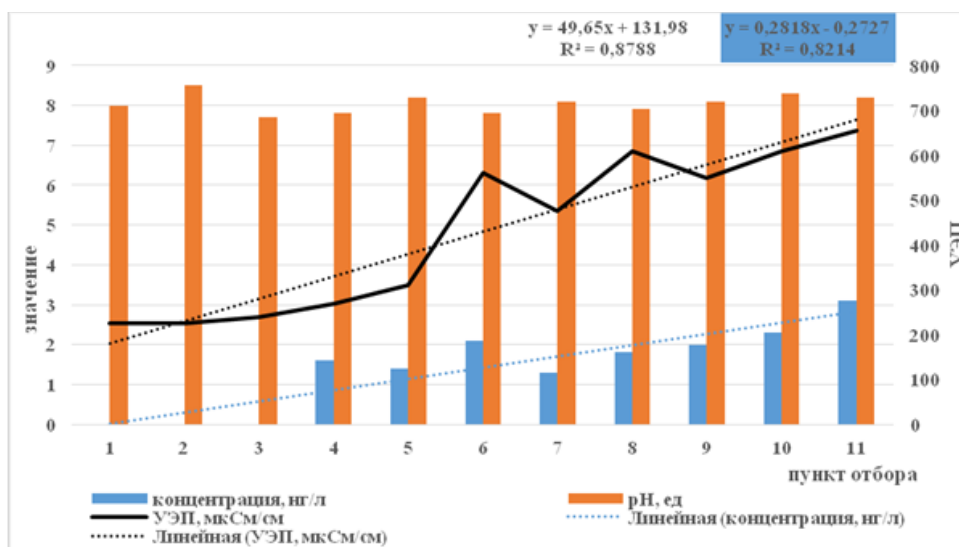


Рисунок 2 – Пространственная динамика изменения содержания 17в-эстрадиола (Е2), рН и УЭП

Диапазон пространственного изменения величины рН (рис. 2, табл. 2) классифицировал исследуемые речные воды как слабощелочные, изменяясь в пределах от 7,7 до 8,5 ед.

УЭП – это суммарный индикаторный показатель антропогенного воздействия, является численным выражением способности водного раствора проводить электрический ток, служит приблизительным показателем суммарной концентрации электролитов, главным образом, неорганических, и используется в программах наблюдений за состоянием водной среды для оценки минерализации вод.

Согласно представленным данным, видно, что в пространственной динамике изменения величины УЭП и содержания 17в-эстрадиола (Е2) выявлена прямая корреляционная взаимосвязь в сторону увеличения значений по мере перехода районов исследований из горной местности к равнинной. Так, содержание 17в-эстрадиола (Е2) увеличивается в 2,1 раза, а УЭП – в 2,9 раза, что подтверждают положительные значения уравнений регрессии.

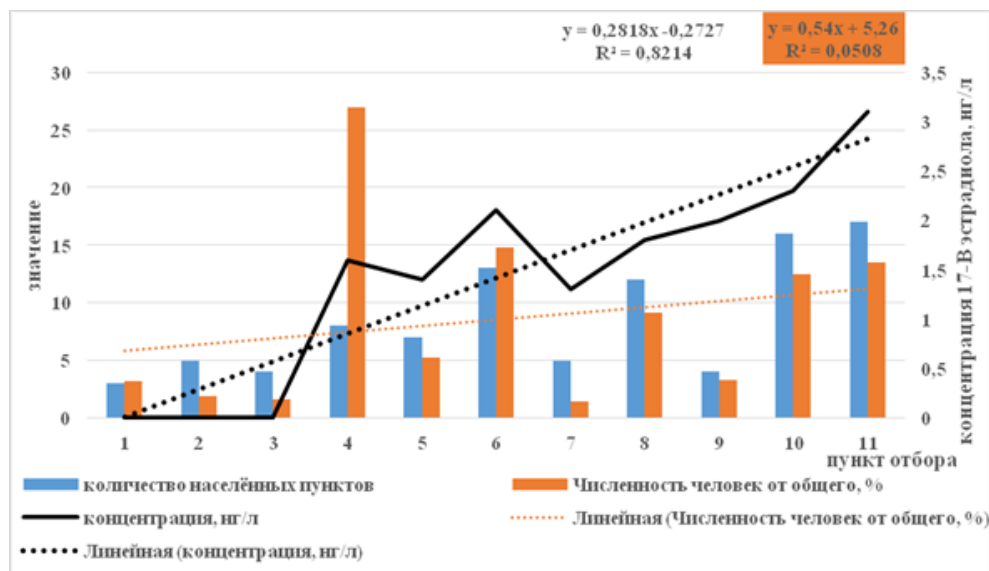


Рисунок 3 – Зависимость содержания 17в-эстрадиола (Е2) от численности населения речного водосбора городских округов и муниципальных районов КБР

В ходе проведенных исследований содержания 17в-эстрадиола (Е2) в речных водах были выявлены зоны фонового воздействия, в которых содержание изучаемого гормона находилось ниже предела обнаружения метода – Эльбрусский, Черекский и Зольский районы. Данные районы относятся к горной и предгорной геоморфологическим зонам КБР, которые лишены как антропогенного фактора загрязнения, так и гормонального, но, согласно ранее проведенным исследованиям, для них характерен природных геохимический фон [43–44].

Также нами проведен корреляционный анализ содержания 17в-эстрадиола (Е2) и численности населения городских округов и муниципальных районов КБР, через которые перетекают исследуемые реки (рис. 3, табл. 2–3).

Определено, что по мере перетекания речного водотока по геоморфологическим зонам – из горной к равнинной, увеличивается как общее количество населенных пунктов, так и общая численность населения их, приводящие к увеличению гормональной нагрузки на водную экосистему равнинных областей рек.

Распределение содержания 17в-эстрадиола (Е2) в речных водах коррелирует с численностью населения и количеством населенных пунктов, через который протекает изучаемая река. Видно, что лидерами по количеству населенных пунктов, численности населения в них и содержания 17в-эстрадиола (Е2) в речных водах являются Прохладненский, Майский и Баксанский районы, в которых содержание гормона изменялось в пределах от 2,0 до 3,1 нг/л.

Таблица 3 – Распределение изучаемых величин и параметров

Распределение населения по численности (%) в муниципальных районах	Нальчикский > Баксанский > Прохладненский > Майский > Урванский > Чегемский > Терский > Эльбрусский > Черекский > Зольский > Лескенский
Распределение городских округов и муниципальных районов по количеству населенных пунктов	Прохладненский > Майский > Урванский > Баксанский > Нальчикский > Чегемский > Лескенский > Черекский > Терский > Зольский > Эльбрусский
Распределение содержания 17в-эстрадиола (Е2) в речных водах по районам	Прохладненский > Майский > Баксанский > Терский > Урванский > Чегемский > Лескенский > Нальчикский

Вывод

В настоящее время главной проблемой в РФ является отсутствие каких-либо нормативно-правовых актов, регламентирующих содержание гормональных веществ в водной среде, а, как показывают проведенные исследования, разработка их является крайне необходимой в рамках направления гигиенической диагностики.

В связи с этим необходимым является разработка на государственном уровне программ мониторинга и методических основ содержания гормональных веществ в различных типах вод и в особенности питьевых, а также исследование их токсичности для дальнейшего установления референтных значений и определения критериев качества вод.

Также необходимым является разработка и усовершенствование новых методов очистки сточных вод, направленных на загрязнители с низким их содержанием, на уровне нг/л.

Список литературы

1. Patel M., Kumar R., Kishor K., Mlsna T., Pittman C. U., Mohan D. Pharmaceuticals of emerging concern in aquatic systems: chemistry, occurrence, effects, and removal methods // *Chem. Rev.* 2019. Vol. 119. Art. 3510e3673. DOI: 10.1021/acs.chemrev.8b00299.
2. Yu W.W., Du B. H., Yang L., Zhang Z., Yang C., Yuan S. C., Zhang M. N. Occurrence, sorption, and transformation of free and conjugated natural steroid estrogens in the environment // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2019. Vol. 26. Art. 9443e9468. DOI: 10.1007/s11356-019-04402-z.
3. Zhao X., Grimes K. L., Colosi L. M., Lung W. Attenuation, transport, and management of estrogens: a review // *Chemosphere.* 2019. Vol. 230. Art. 462e478. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.05.086.
4. Венгерович Г., Перельгин В. В. Стероидные гормоны и их метаболиты в воде централизованных систем питьевого водоснабжения // *Формула фармации.* 2021. Т. 3, № 2. DOI: 10.17816/phf71495.
5. Баренбойм Г. М., Чиганова М. А., Березовская И. В. Особенности загрязнения поверхностных водных объектов компонентами лекарственных средств // *Водное хозяйство России.* 2014. № 3. С. 131–141.
6. Захурдаева Л. Д. Эстрогены: биологические и фармакологические эффекты // *Медицинские аспекты здоровья женщины.* 2010. Т. 8. С. 41–45.
7. Barbosa M. O., Moreira N. F. F., Ribeiro A. R., Pereira M. F. R., Silva A. M. T. Occurrence and removal of organic micropollutants: an overview of the watch list of EU Decision 2015/495 // *Water Res.* 2016. Vol. 94. Art. 257e279. DOI: 10.1016/j.watres.2016.02.047.
8. Tran N. H., Reinhard M., Gin K. Y. Occurrence and fate of emerging contaminants in municipal wastewater treatment plants from different geographical regions—a review // *Water Res.* 2018. Vol. 133. Art. 182e207. DOI: 10.1016/j.watres.2017.12.029.
9. Kasprzyk-Hordern B., Dinsdale R. M., Guwy A. J. The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the quality of receiving waters // *Water Res.* 2009. Vol. 43. P. 363–380. DOI: 10.1016/j.watres.2008.10.047.
10. Ren C., Tan X., Huang C. et al. Sources, pollution characteristics, and ecological risk assessment of steroids in Beihai Bay, Guangxi // *Water (Switzerland).* 2022. Vol. 14. P. 1–13. DOI: 10.3390/w14091399.
11. Rezka P., Balcerzak W., Kryiyw M., Balcerzak W. Occurrence of synthetic and natural estrogenic hormones in the aquatic environment // *Tech Trans Environ Eng.* 2015. Vol. 3. P. 47–54. DOI: 10.4467/2353737XCT.15.359.4824.
12. Bozyigit G. D., Ayyildiz M. F., Chormey D. S. et al. Removal of selected pesticides, alkylphenols, hormones and bisphenol A from domestic wastewater by electrooxidation process // *Water Sci. Technol.* 2022. Vol. 85. P. 220–228. DOI: 10.2166/wst.2021.635.
13. Biswas S., Kranz W. L., Shapiro C. A., Snow D. D. Effect of rainfall timing and tillage on the transport of steroid hormones in runoff from manure amended row crop fields // *Hazard Mater.* 2016. Vol. 324. Art. 436e447. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2016.11.009.
14. Fan G. D., Zheng X. M., Luo J., Peng H. P., Lin H., Bao M., Hong L., Zhou J. Rapid synthesis of Ag/AgCl@ZIF-8 as a highly efficient photocatalyst for degradation of acetaminophen under visible light // *Chem. Eng.* 2018. Vol. 351. Art. 782e790. DOI: 10.1016/j.cej.2018.06.119.
15. Zhao X., Grimes K. L., Colosi L. M., Lung W. Attenuation, transport, and management of estrogens: a review // *Chemosphere.* 2019. Vol. 230. Art. 462e478. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.05.086.
16. Czarny K., Szczukockia D., Krawczyka B., Zielinski M., Miekos E., Gadzała-Kopciuch R. The impact of estrogens on aquatic organisms and methods for their determination // *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2017. Vol. 47. Art. 909e963. DOI: 10.1080/10643389.2017.1334458.
17. Vilela C. L. S., Bassin J. P., Peixoto R. S. Water contamination by endocrine disruptors: impacts, microbiological aspects and trends for environmental protection // *Environ. Pollut.* 2018. Vol. 235. Art. 546e559. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.12.098.
18. Leal C. S., Mesquita D. P., Amaral A. L., Amaral A. M., Ferreira E. C. Environmental impact and biological removal processes of pharmaceutically active compounds: the particular case of sulfonamides, anticonvulsants and steroid estrogens // *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2020. Vol. 50. Art. 698e742. DOI: 10.1080/10643389.2019.1642831.
19. Dang Z., Kienzler A. Changes in fish sex ratio as a basis for regulating endocrine disruptors // *Environ. Int.* 2019. Vol. 130. Art. 104928. DOI: 10.1016/j.envint.2019.104928.
20. Derouiche L., Keller M., Duittoz A. H., Pillon D. Developmental exposure to ethinylestradiol affects transgenerationally sexual behavior and neuroendocrine networks in male mice // *Sci. Rep.* 2015. Vol. 5. P. 1–12. DOI: 10.1038/srep17457.

21. Grzegorzek M., Wartalska K., Kowalik R. Occurrence and sources of hormones in water resources – environmental and health impact // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2024. Vol. 31. P. 37907–37922. DOI: 10.1007/s11356-024-33713-z.
22. Lima Morais R., Ferreira Garcia L., Kussmaul Goncalves Moreno E. et al. Electrochemical remediation of industrial pharmaceutical wastewater containing hormones in a pilot scale treatment system // *Electica Quimica Journal.* 2019. Vol. 44. P. 40. DOI: 10.26850/1678-4618eqj.v44.1.2019.p40-22.
23. Hartmann J., Beyer R., Harm S. Effective removal of estrogens from drinking water and wastewater by adsorption technology // *Environ Process.* 2014. Vol. 1. P. 87–94. DOI: 10.1007/s40710-014-0005-y.
24. Dembitsky V. M. Biological activity and structural diversity of steroids containing aromatic rings, phosphate groups, or halogen atoms // *Molecules.* 2023. Vol. 28. P. 5549. DOI: 10.3390/molecules28145549.
25. Nghiem L. D., Manis A., Soldenhoff K., Schfer A. I. Estrogenic hormone removal from wastewater using NF/RO membranes // *Memb. Sci.* 2004. Vol. 242. P. 37–45. DOI: 10.1016/j.memsci.2003.12.034.
26. Karapinar I., Ertar F. N., Cahintyrk B. et al. LC-MS/MS signal enhancement for estrogenic hormones in water samples using experimental design // *RSC Adv.* 2016. Vol. 6. P. 39188–39197. DOI: 10.1039/c6ra06526k.
27. Dai X., Yang X., Xie B. et al. Sorption and desorption of sex hormones in soil- and sediment-water systems: a review // *Soil Ecol. Lett.* 2022. Vol. 4.
28. Zhou S., Di Paolo C., Wu X., Shao Y., Seiler T., Hollert H. Optimization of screening-level risk assessment and priority selection of emerging pollutants – the case of pharmaceuticals in European surface waters // *Environ. Int.* 2019. Vol. 128. Art. 1e10. DOI: 10.1016/j.envint.2019.04.034.
29. Tran N. H., Reinhard M., Gin K. Y. Occurrence and fate of emerging contaminants in municipal wastewater treatment plants from different geographical regions: a review // *Water Res.* 2018. Vol. 133. Art. 182e207. DOI: 10.1016/j.watres.2017.12.029.
30. Агоева Э. А., Ламашвили Л. С., Хаширова С. С., Хаширова С. Ю., Снетков П. П. Эстрогены как загрязнители водных сред – реалии XXI века. Обзор // *Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле.* 2025. № 4.
31. Хаширова С. С., Хаширова С. Ю., Ламашвили Л. С., Агоева Э. А., Снетков П. П. Пищевые источники гормонов и их воздействие на физиологическое состояние человека: аналитический обзор // *Антибиотики и химиотерапия.* 2025. Т. 70, № 9–10.
32. Czarny K., Szczukockia D., Krawczyka B., Zielinski M., Miekos E., Gadzala-Kopciuch R. The impact of estrogens on aquatic organisms and methods for their determination // *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2017. Vol. 47. Art. 909e963. DOI: 10.1080/10643389.2017.1334458.
33. Olalla A. Prioritisation of emerging contaminants in the northern Antarctic Peninsula based on their environmental risk / A. Olalla, L. Moreno, Y. Valcarcel // *Sci. Total Environ.* 2020. Vol. 742. P. 140417. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140417.
34. Du B., Fan G., Yu W., Yang S., Zhou J., Luo J. Occurrence and risk assessment of steroid estrogens in environmental water samples: A five-year worldwide perspective // *Environ Pollut.* 2020. Dec. Vol. 267. P. 115405. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115405. Epub 2020 Aug 19. PMID: 32866865.
35. URL: <https://07.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/harakteristika-subekta>.
36. URL: <https://www.mid.ru/ru/maps/ru/ru-kb/1783956/#sel=27:1:D,27:1:D;27:29:xi,27:30:ix>.
37. ГОСТ Р 59024-2020 Общие требования к отбору проб.
38. US EPA, EPA Method 539:2010. Determination of Hormones in Drinking Water by Solid Phase Extraction (SPE) and Liquid Chromatography Electrospray Ionization Tandem Mass Spectrometry (LC-ESI-MS/MS). EPA Document № 815-B-10-001. 2010. URL: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P100J76V.txt> (accessed 09.05.2025).
39. ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97. Методика измерения pH в водах потенциометрическим методом.
40. Imran Ali, Vinod K. Gupta, Hassan Y. Aboul-Enein, Afzal Hussain. Hyphenation in sample preparation: Advancement from the micro to the nano world. 10 July 2008. DOI: 10.1002/jssc.200800123.
41. Хаширова С. С., Ламашвили Л. С., Агоева Э. А., Морозкина С. Н., Хаширова С. Ю. Методы концентрирования гормональных препаратов из водных растворов // *Международный научно-исследовательский журнал.* 2025. № 8 (158). DOI: 10.60797/IRJ.2025.158.75.
42. URL: nalchik.ginfo.ru.
43. Агоева Э. А., Ламашвили Л. С., Малкандуев Ю. А. Эссенциальный элемент кремний в водах Северного Кавказа // *Антибиотики и химиотерапия.* 2025. № 70 (11–12). С. 18–23. EDN: KBGUYR. DOI: 10.37489/0235/2990-2025-70-11-12-23.
44. Газаев Х.-М. М., Агоева Э. А., Иттиев А. Б. Микроэлементный состав вод реки Черек-Безенгийский // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление.* 2017. № 1. С. 37–48.

References

1. Patel M., Kumar R., Kishor K., Misra T., Pittman C. U., Mohan D. Pharmaceuticals of emerging concern in aquatic systems: chemistry, occurrence, effects, and removal methods. *Chem. Rev.* 2019;119:3510e3673. DOI: 10.1021/acs.chemrev.8b00299.
2. Yu W. W., Du B. H., Yang L., Zhang Z., Yang C., Yuan S. C., Zhang M. N. Occurrence, sorption, and transformation of free and conjugated natural steroid estrogens in the environment. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2019;26:9443e9468. DOI: 10.1007/s11356-019-04402-z.
3. Zhao X., Grimes K. L., Colosi L. M., Lung W. Attenuation, transport, and management of estrogens: a review. *Chemosphere.* 2019;230:462e478. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.05.086.
4. Vengerovich G., Perelygin V. V. Steroid hormones and their metabolites in the water of centralized drinking water supply systems. *Formula of Pharmacy.* 2021;3:2. DOI: 10.17816/phf71495 (In Russ.).

5. Barenbojm G. M., Chiganova M. A., Berezovskaya I. V. Features of contamination of surface water bodies with components of medicinal products. *Water Management of Russia*. 2014;3:131–141 (In Russ.).
6. Zakhurdaeva L. D. Estrogens: biological and pharmacological effects. *Medical Aspects of Women's Health*. 2010;8:41–45 (In Russ.).
7. Barbosa M. O., Moreira N. F. F., Ribeiro A. R., Pereira M. F. R., Silva A. M. T. Occurrence and removal of organic micropollutants: an overview of the watch list of EU Decision 2015/495. *Water Res.* 2016;94:257e279. DOI: 10.1016/j.watres.2016.02.047.
8. Tran N. H., Reinhard M., Gin K. Y. Occurrence and fate of emerging contaminants in municipal wastewater treatment plants from different geographical regions—a review. *Water Res.* 2018;133:182e207. DOI: 10.1016/j.watres.2017.12.029.
9. Kasprzyk-Hordern B., Dinsdale R. M., Guwy A. J. The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the quality of receiving waters. *Water Res.* 2009;43:363–380. DOI: 10.1016/j.watres.2008.10.047.
10. Ren C., Tan X., Huang C. et al. Sources, pollution characteristics, and ecological risk assessment of steroids in Beihai Bay, Guangxi. *Water (Switzerland)*. 2022;14:1–13. DOI: 10.3390/w14091399.
11. Rezka P., Balcerzak W., Kryłów M., Balcerzak W. Occurrence of synthetic and natural estrogenic hormones in the aquatic environment. *Tech. Trans. Environ. Eng.* 2015;3:47–54. DOI: 10.4467/2353737XCT.15.359.4824.
12. Bozyigit G. D., Ayyıldız M. F., Chormey D. S. et al. Removal of selected pesticides, alkylphenols, hormones and bisphenol A from domestic wastewater by electrooxidation process. *Water Sci. Technol.* 2022;85:220–228. DOI: 10.2166/wst.2021.635.
13. Biswas S., Kranz W. L., Shapiro C. A., Snow D. D. Effect of rainfall timing and tillage on the transport of steroid hormones in runoff from manure amended row crop fields. *Hazard Mater.* 2016;324:436e447. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2016.11.009.
14. Fan G. D., Zheng X. M., Luo J., Peng H. P., Lin H., Bao M., Hong L., Zhou J. Rapid synthesis of Ag/AgCl@ZIF-8 as a highly efficient photocatalyst for degradation of acetaminophen under visible light. *Chem. Eng.* 2018;351:782e790. DOI: 10.1016/j.cej.2018.06.119.
15. Zhao X., Grimes K. L., Colosi L. M., Lung W. Attenuation, transport, and management of estrogens: a review. *Chemosphere*. 2019;230:462e478. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.05.086.
16. Czarny K., Szczukockia D., Krawczyka B., Zielinski M., Miekos E., Gadzała-Kopciuch R. The impact of estrogens on aquatic organisms and methods for their determination. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2017;47:909e963. DOI: 10.1080/10643389.2017.1334458.
17. Vilela C. L. S., Bassin J. P., Peixoto R. S. Water contamination by endocrine disruptors: impacts, microbiological aspects and trends for environmental protection. *Environ. Pollut.* 2018;235:546e559. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.12.098.
18. Leal C. S., Mesquita D. P., Amaral A. L., Amaral A. M., Ferreira E. C. Environmental impact and biological removal processes of pharmaceutically active compounds: the particular case of sulfonamides, anticonvulsants and steroid estrogens. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2020;50:698e742. DOI: 10.1080/10643389.2019.1642831.
19. Dang Z., Kienzler A. Changes in fish sex ratio as a basis for regulating endocrine disruptors. *Environ. Int.* 2019;130:104928. DOI: 10.1016/j.envint.2019.104928.
20. Derouiche L., Keller M., Duittoz A. H., Pillon D. Developmental exposure to ethinylestradiol affects transgenerationally sexual behavior and neuroendocrine networks in male mice. *Sci. Rep.* 2015;5:1–12. DOI: 10.1038/srep17457.
21. Grzegorzek M., Wartalska K., Kowalik R. Occurrence and sources of hormones in water resources – environmental and health impact. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2024 ;31:37907–37922. DOI: 10.1007/s11356-024-33713-z.
22. Lima Morais R., Ferreira Garcia L., Kussmaul Gonçalves Moreno E. et al. Electrochemical remediation of industrial pharmaceutical wastewater containing hormones in a pilot scale treatment system. *Eclética Química Journal*. 2019;44:40. DOI: 10.26850/1678-4618eqj.v44.1.2019.p40-22.
23. Hartmann J., Beyer R., Harm S. Effective removal of estrogens from drinking water and wastewater by adsorption technology. *Environ Process.* 2014 ; 1 : 87–94. DOI: 10.1007/s40710-014-0005-y.
24. Dembitsky V.M. Biological activity and structural diversity of steroids containing aromatic rings, phosphate groups, or halogen atoms. *Molecules*. 2023 ; 28 : 5549. DOI: 10.3390/molecules28145549.
25. Nghiem L.D., Manis A., Soldenhoff K., Schäfer A.I. Estrogenic hormone removal from wastewater using NF/RO membranes. *Memb. Sci.* 2004 ; 242 : 37–45. DOI: 10.1016/j.memsci.2003.12.034.
26. Karapinar I., Ertaş F.N., Şahintürk B. et al. LC-MS/MS signal enhancement for estrogenic hormones in water samples using experimental design. *RSC Adv.* 2016;6:39188–39197. DOI: 10.1039/c6ra06526k.
27. Dai X., Yang X., Xie B. et al. Sorption and desorption of sex hormones in soil- and sediment-water systems: a review. *Soil. Ecol. Lett.*; 2022:4.
28. Zhou S., Di Paolo C., Wu X., Shao Y., Seiler T., Hollert H. Optimization of screening-level risk assessment and priority selection of emerging pollutants – the case of pharmaceuticals in European surface waters. *Environ. Int.* 2019;128:1e10. DOI: 10.1016/j.envint.2019.04.034.
29. Tran N. H., Reinhard M., Gin K. Y. Occurrence and fate of emerging contaminants in municipal wastewater treatment plants from different geographical regions: a review. *Water Res.* 2018;133:182e207. DOI: 10.1016/j.watres.2017.12.029.
30. Agoeva E. A., Lamashvili L. S., Khashirova S. S., Khashirova S. Yu., Snetkov P. P. Estrogens as pollutants of aquatic environments – the realities of the 21st century. Review. *Bulletin of the Udmurt University. Biology series. Earth Sciences*; 2025:4 (In Russ.).
31. Khashirova S. S., Khashirova S. Yu., Lamashvili L. S., Agoeva E. A., Snetkov P. P. Nutritional sources of hormones and their effects on the physiological state of humans: an analytical review. *Antibiotics and Chemotherapy*. 2025;70:9–10 (In Russ.).

32. Czarny K., Szczukockia D., Krawczyka B., Zielinski M., Miekos E., Gadzała-Kopciuch R. The impact of estrogens on aquatic organisms and methods for their determination. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2017;47:909e963. DOI: 10.1080/10643389.2017.1334458.
33. Olalla A., Moreno L., Valcarcel Y. Prioritisation of emerging contaminants in the northern Antarctic Peninsula based on their environmental risk. *Sci. Total Environ.* 2020;742:140417. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140417.
34. Du B., Fan G., Yu W., Yang S., Zhou J., Luo J. Occurrence and risk assessment of steroid estrogens in environmental water samples: A five-year worldwide perspective. *Environ Pollut.* 2020. Dec.;267:115405. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115405. Epub 2020 Aug 19. PMID: 32866865.
35. URL: <https://07.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/harakteristika-subekta> (In Russ.).
36. URL: <https://www.mid.ru/ru/maps/ru/ru-kb/1783956/#sel=27:1:D,27:1:D;29:xi,27:30:ix>.
37. *GOST R 59024-2020. General Requirements for Sampling* (In Russ.).
38. *US EPA, EPA Method 539:2010. Determination of Hormones in Drinking Water by Solid Phase Extraction (SPE) and Liquid Chromatography Electrospray Ionization Tandem Mass Spectrometry (LC-ESI-MS/MS)*. EPA Document № 815-B-10-001. 2010. URL: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P100J76V.txt> (accessed 09.05.2025).
39. PND F 14.1:2:3:4.121-97. Method for Measuring pH in Waters by the Potentiometric Method (In Russ.).
40. Imran Ali, Vinod K. Gupta, Hassan Y. Aboul-Enein, Afzal Hussain. Hyphenation in sample preparation: Advancement from the micro to the nano world First published: 10 July 2008. DOI: 10.1002/jssc.200800123.
41. Khashirova S. S., Lamashvili L. S., Agoeva E. A., Morozkina S. N., Xashirova S. Yu. Methods of concentration of hormonal preparations from aqueous solutions. *International Scientific Research Journal.* 2025;8(158). DOI: 10.60797/IRJ.2025.158.75 (In Russ.).
42. URL: nalchik.ginfo.ru (In Russ.).
43. Agoeva E. A., Lamashvili L. S., Malkanduev Yu. A. Essential Element Silicon in the Waters of the North Caucasus. *Antibiotics and Chemotherapy.* 2025 ; 70 (11–12) :18–23. EDN: KBGUYR. DOI: 10.37489/0235/2990-2025-70-11-12-23 (In Russ.).
44. Gazaev Kh.-M. M., Agoeva E. A., Itiev A. B. *Water Management in Russia: Problems, Technologies, and Management.* Yekaterinburg, 2017;1:37–48 (In Russ.).

Информация об авторах

Агоева Э. А. – старший научный сотрудник: 1. научно-исследовательской лаборатории экологического контроля Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова; 2. научного отдела Кабардино-Балкарского государственного высокогорного заповедника;

Азнаева М. Р. – научный сотрудник, начальник отдела мониторинга агроэкосистем центра декарбонизации АПК и региональной экономики;

Ламашвили Л. С. – 1. заведующая научно-исследовательской лаборатории экологического контроля Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова; 2. научный сотрудник Кабардино-Балкарского государственного высокогорного заповедника;

Хаширова С. С. – младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории экологического контроля Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова;

Морозкина С. Н. – кандидат химических наук;

Агоев А. А. – студент.

Information about the authors

Agoeva E. A. – Senior Researcher: 1. Scientific Research Laboratory of Environmental Control Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov; 2. Scientific Department of Kabardino-Balkarian State High Mountain Reserve;

Aznaeva M. R. – Researcher, Head of the Department of Monitoring Agroecosystems of the Center for Decarbonization of Agriculture and Regional Economy;

Lamashvili L. S. – 1. Head of the Scientific Research Laboratory of Environmental Control Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov; 2. Researcher Kabardino-Balkarian State High Mountain Reserve;

Hashirova S. S. – Junior Researcher Scientific Research Laboratory of Environmental Control Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov;

Morozkina S. N. – Candidate of Chemical Sciences;

Agoev A. A. – 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 25.12.2025; одобрена после рецензирования 20.01.2026; принята к публикации 28.01.2026.

The article was submitted 25.12.2025; approved after reviewing 20.01.2026; accepted for publication 28.01.2026.

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 42–49.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):42–49 (In Russ.).

Научная статья

УДК 911.3

<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.005>

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРЕСТУПНОСТИ В ДЕТРОЙТЕ

Батуев Андрей Иванович^{1✉}, Максимович Никита Вячеславович², Сидорина Инесса Евгеньевна³, Пьянков Георгий Александрович⁴

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

¹andrey.batuev.batuev@mail.ru ✉

²nekit.maksimovich@mail.ru

Аннотация. Изучение городской преступности традиционно опирается на пространственный анализ, позволяющий выявлять территориальные различия и закономерности распределения правонарушений. Однако такие методы дают преимущественно описательное представление и не позволяют оценить направление и силу пространственных взаимодействий между соседними районами. В данной работе показано, что применение пространственной эконометрики служит важным дополнением к классическому географическому анализу и создает основу для последующей геоинформационной и картографической интерпретации результатов. На примере блок-групп города Детройт за 2020–2023 гг. проанализированы особенности концентрации различных категорий преступлений и их связь с социально-экономическими характеристиками городской среды. Пространственные модели позволяют количественно оценить интенсивность соседских взаимодействий, выявить механизмы распространения преступности и уточнить роль устойчивых пространственных структур в городской динамике. Полученные результаты демонстрируют, что сочетание географического подхода и методов пространственной эконометрики обеспечивает более глубокое понимание территориального распределения городской преступности и формирует аналитическую базу для последующего применения инструментов геоинформатики и тематического картографирования.

Ключевые слова: городская преступность, пространственные модели, территориальные кластеры, социально-экономические факторы, блок-группы, пространственный анализ, пространственная регрессия, геоинформатика, Детройт, ГИС

Для цитирования: Батуев А. И., Максимович Н. В., Сидорина И. Е., Пьянков Г. А. Применение пространственных эконометрических моделей для анализа преступности в Детройте // *Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 42–49.* <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.005>.

APPLICATION OF SPATIAL ECONOMETRIC MODELS TO THE ANALYSIS OF CRIME IN DETROIT

Andrey I. Batuev^{1✉}, Nikita V. Maksimovich², Inessa E. Sidorina³, Georgiy A. Pynkov⁴

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

¹andrey.batuev.batuev@mail.ru ✉

²nekit.maksimovich@mail.ru

Abstract. The study of urban crime traditionally relies on spatial analysis, which makes it possible to identify territorial differences and patterns in the distribution of criminal activity. However, such methods are largely descriptive and do not allow for the quantitative assessment of the strength and direction of spatial interactions between neighboring areas. This paper demonstrates that the application of spatial econometric methods represents an important extension of classical geographical analysis and provides a foundation for subsequent geoinformation and cartographic interpretation of results. Using census block groups of the city of Detroit for the period 2020–2023 as a case study, the spatial concentration of different categories of crime and their relationship with the socio-economic characteristics of the urban environment are examined. Spatial models make it possible to quantitatively assess the intensity of neighborhood interactions, identify mechanisms of crime diffusion, and clarify the role of persistent spatial structures in urban dynamics. The results show that combining a geographical approach with spatial econometric methods provides a deeper understanding of the territorial organization of urban crime and forms an analytical basis for the further application of geoinformation technologies and thematic mapping.

Keywords: urban crime, spatial models, territorial clusters, socio-economic factors, census block groups, spatial analysis, spatial regression, geoinformatics, Detroit, GIS

For citation: Batuev A. I., Maksimovich N. V., Sidorina I. E., Pynkov G. A. Application of spatial econometric models to the analysis of crime in Detroit. *Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):42–49.* <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.005> (In Russ.).

Введение

Пространственное распределение преступности является значимым объектом исследования в современной социально-экономической географии и георбанистике. Городская среда формирует набор специфических условий – планировочных, инфраструктурных, демографических и социально-экономических, которые задают различную степень подверженности общества на территории города тем или иным видам преступности [7, 15]. Важное значение для понимания географии преступности имеют работы В. В. Лунеева – «*Мировые, региональные и российские тенденции преступности XX века*» и «*География организованной преступности и коррупции в России (1997–1999 гг.)*». В них автор показывает, что территориальные различия в уровне преступности обусловлены сложной системой взаимодействия как социально-экономических показателей, так и пространственных характеристик городской среды – типологии застройки, плотности населения, инфраструктурной связанности и исторически сложившейся формы расселения [2–3]. Преступность в крупных городах, как показывают исследования, распределяется не случайно, а формирует устойчивые территориальные паттерны, связанные с морфологией городской среды, транспортной структурой и социальным составом населения [5].

Внедрение пространственного подхода и географического мышления в криминологические исследования происходило постепенно и сопровождалось методологическими спорами [1]. Несмотря на это, значительная часть работ по-прежнему опирается на традиционные статистические методы (линейные регрессии, классическая кластеризация, корреляционный анализ и т. д.), которые слабо отражают пространственную природу городских процессов, поскольку предполагают пространственную независимость наблюдений. Однако в реальности в городах соседние территории взаимосвязаны: изменения в социальной структуре, качестве инфраструктуры или уровне безопасности в одном районе оказывают влияние на близлежащие кварталы. Пространственная автокорреляция приводит к тому, что близкие по уровню преступности районы группируются вместе, а локальные отклонения становятся следствием их взаимного влияния [6, 10]. Данная закономерность соответствует первому закону географии, согласно которому «все связано со всем, но близкие объекты связаны сильнее, чем удаленные» [14], что подчеркивает фундаментальную роль пространственной близости в формировании территориальных паттернов. В этой связи возникает необходимость применения пространственных статистических и эконометрических методов, позволяющих корректно учитывать пространственные взаимодействия и анализировать территориальные особенности городской преступности.

Выбор Детройта в качестве объекта исследования обусловлен его ярко выраженной социально-пространственной дифференциацией. Детройт является одним из наиболее поляризованных мегаполисов США, где на малых территориях сочетаются заброшенные промышленные зоны, фрагментированная жилищная застройка, крупные транспортные артерии и районы с устойчивым уровнем бедности [11, 13]. Исследования подтверждают, что преступность в Детройте характеризуется высокой концентрацией и стабильными пространственными кластерами, особенно на уровне блок-групп – самой мелкой статистической единицы городской структуры [12]. Это делает город одним из наиболее подходящих кейсов для географического анализа преступности [12].

Данные и методы

Исследование основано на панельных данных по 574 блок-группам (Block groups) переписи населения города Детройта (штат Мичиган, США) за период 2020–2023 гг. Выбор блок-групп обусловлен их оптимальным для анализа размером и наличием данных, по сравнению с более крупными ценовыми трактами (Census tract) и небольшими табуляционными блоками (Tabblock). Данные о зарегистрированных преступлениях получены через открытый городской портал Детройта [9], а социально-экономические показатели – из официальной базы Бюро переписи населения США (American Community Survey, ACS 5-Year Estimates) [15]. Используемые в исследовании социально-экономические показатели включают уровень безработицы, средний доход домохозяйств, долю одиноких жителей, долю лиц без образования, расово-этническую структуру населения и другие характеристики среды проживания.

Из-за изменения границ блок-групп и их географических идентификаторов (GEOID) в 2020 году были выявлены расхождения в геометрии и общем количестве территориальных единиц в разные годы, что затруднило корректное сопоставление данных за более длительный период. В связи с этим анализ ограничен временным интервалом 2020–2023 гг., для которого было возможно формирование согласованной выборки. В итоговую базу данных были включены только те блок-группы, которые сохраняли геометрию и были представлены наблюдениями во всех четырех годах. Из анализа исключены: блок-группы с постоянным нулевым уровнем преступности; переменные без временной изменчивости; а также показатели с высокой мультиколлинеарностью.

Данные приведены к единому виду – создана единая панельная база данных, где каждому блоку соответствует четыре отдельных кортежа с информацией о преступлениях и социальными характеристиками в определенной блок-группе за конкретный год.

Поскольку большинство ГИС-платформ обеспечивают лишь базовые инструменты пространственной статистики и не реализуют полный набор пространственных эконометрических моделей (SAR, SEM, SDPD), расчеты были выполнены в среде Python с использованием библиотек pandas, geopandas, PySAL, spreg, numpy. Это позволило обеспечить воспроизводимость анализа и автоматизировать обработку больших массивов данных.

Пространственные отношения между блок-группами описывались матрицей пространственных весов типа диапазон расстояний Distance Band, в которой соседями считаются все территории, расположенные в пределах установленного порога расстояния, и построенной на основе евклидовых расстояний между центроидами. Были протестированы пороги взаимодействия: 2,5; 3,0; 3,5 и 4,0 км (\approx 1,5–2,5 миль). Значения индекса Морана I постепенно уменьшаются с ростом порога, однако остаются статистически значимыми во всем диапазоне. Существенных различий между порогами не выявлено, что соответствует представлениям о локальной природе городской пространственной зависимости. В дальнейшем расчете использован порог 2,5 км, так как данный радиус соответствует типичному масштабу повседневной городской мобильности, включая пешеходные и короткие транспортные перемещения, а также радиус действия локальных инфраструктурных и социально-экономических факторов, влияющих на распределение преступности.

Для анализа преступности использовалась агрегация отдельных видов правонарушений в три укрупненные категории: насильственные (Violent crimes), имущественные (Property crimes) и прочие (Other crimes). Данное деление обусловлено сходством социальных и пространственных механизмов формирования преступности внутри каждой группы, а также необходимостью повышения устойчивости статистических оценок при панельном анализе на малых территориальных единицах. Насильственные преступления характеризуются высокой зависимостью от социальной структуры, демографических факторов и локального социального контроля. Имущественные преступления, напротив, в большей степени определяются пространственными возможностями, транспортной доступностью и морфологией городской среды, что обуславливает их более высокую территориальную мобильность. Категория прочих правонарушений включает разнородные нарушения общественного порядка и используется для проверки универсальности пространственных эффектов. Подобная классификация широко применяется в исследованиях городской преступности и обеспечивает сопоставимость результатов с существующей литературой.

Таким образом, для анализа были выделены три агрегированные группы правонарушений:

1. *Violent crimes* (насильственные преступления, 8 видов) – homicide, aggravated assault, assault, robbery, sexual assault, sex offenses, weapons offenses, kidnapping.
2. *Property crimes* (имущественные преступления, 8 видов) – burglary, larceny, fraud, damage to property, arson, stolen vehicle, stolen property, forgery.
3. *Other crimes* (прочие нарушения порядка, 13 видов) – other, dangerous drugs, gambling, extortion, family offense, obstructing judiciary, runaway, obstructing the police, disorderly conduct, solicitation, liquor, OUIL, miscellaneous.

Суммарные значения рассчитывались по составным видам преступлений, приведенным в исходных массивах данных.

После формирования итогового массива данных анализ включал в себя три ключевых этапа:

Этап I. Пространственная диагностика. Для выявления пространственной структуры распределения преступности применялись: глобальный индекс Морана I (Moran's I), который оценивает общую пространственную автокорреляцию, необходимую для обоснованного применения пространственно-временных эконометрических моделей.

Этап II. Панельная регрессия с фиксированными эффектами (FE). Модель использовалась для контроля влияния постоянных во времени свойств районов (историческая застройка, социальная структура, расположение) и получения «очищенных» от этих эффектов остатков. Постоянные факторы играют важную роль в формировании уровня преступности, однако в рамках короткого временного интервала они практически не изменяются. Их явное включение в модель привело бы к доминированию структурных различий между районами и затруднило бы анализ пространственных и динамических эффектов.

Полученные остатки FE-модели отражают ту часть вариации преступности, которую нельзя объяснить постоянными характеристиками районов. Наличие пространственной автокорреляции в остатках указывает на необходимость применения пространственных эконометрических моделей. Также на данном этапе использовался локальный индекс Морана, относящийся к классу локальных индикаторов пространственной автокорреляции (LISA) и применяемый для анализа отдельных объектов и территорий, что позволяет выявлять кластеры типов High-High («горячие» зоны, HH), Low-Low («холодные» зоны, LL), а также пространственные выбросы High-Low (HL) и Low-High (LH).

Этап III. Пространственные эконометрические модели. Для анализа природы пространственной зависимости были использованы модели пространственной эконометрики. Модель SAR (Spatial Autoregressive Model) учитывает влияние преступности на соседние территории через пространственный лаг зависимой переменной (ρ). Чем меньше значение данной переменной, тем слабее связь уровня преступности в соседних единицах. Модель SEM (Spatial Error Model) описывает структуру пространственно коррелированных ошибок регрессии (λ), отражающих влияние факторов, которые не являются постоянными во времени и не представлены напрямую в наборе социально-экономических показателей. К таким факторам могут относиться особенности локальной городской среды, уровень транспортной связности, пространственная структура застройки, а также вариативная во времени полицейская активность в отдельных блок-группах. Динамическая модель SDPD (Spatial Dynamic Panel Data Model) сочетает пространственный лаг (ρ) и временной лаг β_{t-1} (time-lag term) показателей преступности, что позволяет проверить, насколько текущий уровень преступности определяется собственным прошлым значением, одновременно контролируя пространственный контекст.

Оценка и сравнение моделей выполнялись по информационным критериям AIC (Akaike Information Criterion) и логарифму функции правдоподобия (Log-Likelihood). Коэффициент пространственного лага ρ (spatial lag), коэффициент пространственной ошибки λ (spatial error) и коэффициент временного лага β_{t-1} интерпретировались как показатели интенсивности пространственных и временных зависимостей.

Результаты и обсуждение

Расчет глобального индекса Морана I для преступности на уровне блок-групп показал выраженную пространственную автокорреляцию всех трех агрегированных категорий – насильственных, имущественных и пр. Значения Морана I во всех случаях оказались положительными и статистически значимыми, что свидетельствует о формировании устойчивых пространственных структур: горячих и холодных зон преступности. Подобные закономерности соответствуют «закону концентрации преступности на малых территориях» (Law of Crime Concentration at Micro Places), согласно которому небольшая доля городских микрорайонов стабильно аккумулирует значительную часть правонарушений [16].

Сохранение статистически значимой пространственной зависимости, наглядно выявляемое на карте локальных индексов пространственной автокорреляции (LISA) по остаткам модели с фиксированными эффектами (FE) (рис.), подтверждает сделанные выводы о том, что традиционные регрессионные модели, основанные на предположении независимости наблюдений, приводят к неправильным оценкам и заниженной точности при наличии пространственной корреляции [6]. Следовательно, применение пространственных эконометрических моделей (SAR, SEM, SDPD) является методологически необходимым при изучении городской преступности.

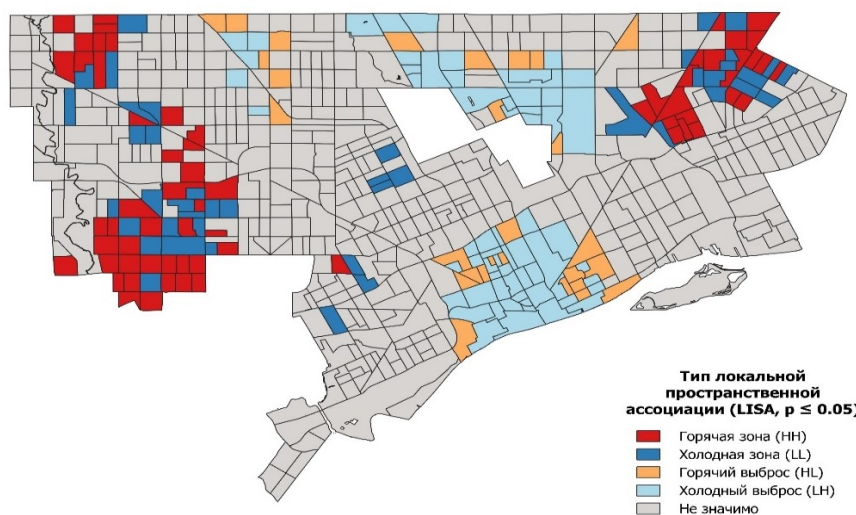


Рисунок – Локальная пространственная автокорреляция остатков модели с фиксированными эффектами (LISA) по имущественным преступлениям 2023 г. Показаны значимые ($p \leq 0,05$) горячие зоны (HH), холодные зоны (LL) и локальные выбросы (HL, LH)

Результаты оценки моделей SAR и SEM показали, что коэффициенты пространственного лага зависимой переменной ρ (SAR) и пространственно коррелированной ошибки λ (SEM) во всех случаях оказались положительными и статистически значимыми. Это указывает на наличие устойчивого пространственного взаимодействия между соседними территориями. Наиболее выраженный эффект наблюдается для имущественных преступлений: значения ρ достигают 0,18–0,20 (табл.), что указывает на умеренную, но устойчивую положительную пространственную зависимость и отражает их более высокую территориальную мобильность и зависимость от плотности застройки, транспортной структуры и параметров городской морфологии.

Подобная динамика согласуется с исследованиями, показывающими, что имущественные преступления формируют устойчивые пространственные паттерны, нередко демонстрирующие линейную организацию вдоль улично-дорожной сети, что в ряде работ описывается как «пространственные коридоры» [17].

Таблица – Сравнение результатов пространственных моделей преступности в Детройте

Категория преступлений	Модель	Параметры	Log-L	AIC
Насильственные	FE	–	–7 648	15 296
	SAR	$\rho = 0,12^{***}$	–7 619	15 247
	SEM	$\lambda = 0,10^{**}$	–7 622	15 254
	SDPD	$\rho = 0,13^{***}, \beta_{t-1} = -2,10^{**}$	–7 601	15 218
Имущественные	FE	–	–8 276	16 562
	SAR	$\rho = 0,20^{***}$	–8 238	16 503
	SEM	$\lambda = 0,16^{***}$	–8 245	16 518
	SDPD	$\rho = 0,18^{***}, \beta_{t-1} \text{ n.s.}$	–8 219	16 472
Прочие	FE	–	–8 053	16 124
	SAR	$\rho = 0,15^{***}$	–8 022	16 068
	SEM	$\lambda = 0,13^{***}$	–8 028	16 080
	SDPD	$\rho = 0,14^{***}, \beta_{t-1} \text{ n.s.}$	–8 010	16 044

Примечание: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,10$; n.s. – статистически незначимо.

Для насильственных преступлений коэффициенты ρ находятся в узком диапазоне 0,12–0,13 (табл.), что также указывает на наличие умеренного эффекта перелива (spillover-эффекта): усиление преступности в одном блоке сопровождается ростом преступности в соседних. SEM-модели также выявляют статистически значимые значения λ (табл.), что интерпретируется как влияние неучтенных пространственных факторов – качества городской среды, уровня неформальной активности, различий в степени социального контроля и т. д. [10]. По результатам анализа SEM-модель подтверждает, что даже при включении социально-экономических переменных остаются неучтенные компоненты городской среды, формирующие пространственные паттерны преступности.

Применение модели SDPD позволило дополнительно учесть временную инерцию преступности. Несмотря на ограниченный период наблюдений, временной лаг β_{t-1} демонстрирует содержательные результаты: для насильственных преступлений он имеет отрицательный знак, указывая на механизм локального «затухания» после всплесков преступности. Подобный эффект согласуется с наблюдениями о реактивности полицейской деятельности и временной нестабильности насильственных инцидентов [16]. Для имущественных и прочих преступлений временной лаг статистически незначим, что отражает меньшую роль краткосрочной динамики по сравнению с устойчивыми пространственными факторами.

Одновременное включение пространственного лага и временной зависимости обеспечивает существенное повышение качества модели. Снижение AIC по сравнению с моделью с фиксированными эффектами (FE) составляет не менее 40 пунктов и в ряде случаев достигает 70–90 пунктов (табл.), что, согласно информационно-теоретическому подходу, свидетельствует о существенном превосходстве пространственных моделей над базовой пространственной диагностикой [8]. Увеличение значений логарифма функции правдоподобия также подтверждает лучшую объясняющую способность SAR- и SDPD-моделей.

Проведенный анализ подтвердил, что преступность в Детройте демонстрирует устойчивую пространственную структуру. Значения коэффициентов ρ и λ во всех моделях оказались положительными и статистически значимыми, что указывает на выраженное взаимодействие между соседними территориями. Пространственные модели SAR, SEM и SDPD существенно превосходят модель с фиксированными эффектами по качеству подгонки, что подтверждается снижением AIC и ростом логарифма правдоподобия.

Наиболее сильный пространственный эффект характерен для имущественных преступлений, что объясняется их высокой «мобильностью» и зависимостью от морфологии городской

среды. Для насильственных преступлений также выявлена умеренная пространственная зависимость, а временной лаг β_{t-1} показывает признаки краткосрочной инерции. Пространственные зависимости оказались более устойчивыми, чем временные, что соответствует выводам исследований по городской преступности [6, 10].

Таким образом, использование пространственных эконометрических моделей позволяет корректно учитывать территориальное взаимодействие и дает более надежные оценки по сравнению с классическими статистическими методами. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения SAR, SEM и SDPD-моделей в исследованиях городской преступности и могут служить основой для дальнейшего пространственного и картографического анализа.

Необходимо отметить, что расширение временного диапазона исследования, включение дополнительных, более детализированных индикаторов, характеризующих территориальные особенности городской среды (например, количественных показателей визуальных маркеров криминальной активности, таких как трафаретные изображения, пропагандирующие незаконный оборот наркотических веществ [4]), а также проведение корреляционного анализа между отдельными социально-экономическими показателями и группами преступлений позволяют существенно углубить интерпретацию пространственно-временных закономерностей преступности. Дополнительный учет параметров улично-дорожной сети, транспортной доступности и морфологии застройки, а также анализ миграции кластеров высокой и низкой концентрации преступности (НН и LL-зон) во времени, в том числе с использованием инструментов геоинформационного анализа, создают предпосылки для формирования комплексной и многоуровневой модели пространственного распределения преступности в городе.

В то же время следует подчеркнуть, что интерпретация полученных показателей представляет собой методологически сложную задачу и требует четкого понимания пространственных паттернов, факторов формирования криминальной активности, а также различий в территориальной мобильности отдельных типов преступлений. Некорректная или чрезмерно прямолинейная трактовка пространственных эффектов без учета теоретических положений пространственной криминологии и ограничений используемых моделей может привести к искаженным выводам. В связи с этим использование ГИС-подходов и пространственно-статистических методов должно сопровождаться строгой теоретической интерпретацией и сопоставлением результатов с данными предыдущих эмпирических исследований.

В ходе анализа было выявлено, что ограниченный временной период исследования (2020–2023 гг.) накладывает дополнительные методологические требования при интерпретации пространственных эконометрических моделей. Небольшое число временных срезов снижает стабильность оценки временного лага β_{t-1} и отражает преимущественно краткосрочные изменения, связанные как с локальными всплесками преступности, так и с мерами правоохранительных органов. Тем не менее пространственные зависимости оказываются значительно более устойчивыми: коэффициенты ρ и λ сохраняют статистическую значимость и ожидаемые знаки во всех спецификациях, что подчеркивает структурную природу пространственного распределения и преступности.

Это подтверждается результатами исследований в области пространственной эконометрики, где показано, что пространственные зависимости сохраняются даже при небольшом числе временных наблюдений, поскольку формируются долгосрочными особенностями городской морфологии и социально-экономической дифференциации. Таким образом, несмотря на ограниченную глубину временного ряда, используемые модели позволяют корректно анализировать механизмы пространственного распространения преступности и выявлять устойчивые территориальные паттерны [6, 10].

Список литературы

1. Бахарев Д. В. Пространственное мышление в криминологии. Часть I. Теоретические предпосылки и методологические основы применения методов пространственного анализа в познании механизма детерминации преступности // Криминология. 2016. № 3. С. 181–313.
2. Лунеев В. В. География организованной преступности и коррупции в России (1997–1999 гг.) // Государство и право. 2000. № 11. С. 34–41.
3. Лунеев В. В. Преступность XX века. Мировые, региональные и российские тенденции. Москва: Норма, 1997. 497 с.
4. 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.
5. Andresen M. A., Malleon N. Crime seasonality and its variations across space // Applied Geography. 2013. Vol. 43. P. 25–35.
6. Anselin L. Spatial econometrics: methods and models. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. 284 p.

7. Brantingham P. L., Brantingham P. J. Environment, routine and situation: Toward a pattern theory of crime // *Advances in Criminological Theory*. Vol. 5 / ed.: R. V. Clarke, M. Felson. New Brunswick: Transaction Publishers, 1993. P. 259–294.
8. Burnham K. P., Anderson D. R. *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*. 2nd ed. New York: Springer, 2002. 488 p.
9. City of Detroit. RMS Crime Incidents. Detroit Police Department, Records Management System (RMS). Detroit Open Data Portal. 2016–2025. URL: <https://data.detroitmi.gov> (дата обращения: 15.09.2025).
10. Elhorst J. P. *Spatial econometrics: from cross-sectional data to spatial panels*. Berlin: Springer, 2014. 119 p.
11. Galster G. C. *Making our neighborhoods, making our selves*. Chicago: University of Chicago Press, 2019. 344 p.
12. Lin X., Zhang J., Jiang S. Spatial and temporal correlations of crime in Detroit: Evidence from spatial dynamic panel data models // *International Review of Law and Economics*. 2022. Vol. 72. Art. 106100.
13. Sugrue T. J. *The origins of the urban crisis: race and inequality in postwar Detroit*. Updated ed. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2014. 432 p.
14. Tobler W. R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region // *Economic Geography*. 1970. Vol. 46, Suppl. P. 234–240.
15. U.S. Census Bureau. American Community Survey (ACS), 5-year Estimates, 2017–2021, block group level. Washington, DC: U.S. Census Bureau, 2024. URL: <https://data.census.gov> (дата обращения: 15.09.2025).
16. Weisburd D. The law of crime concentration and the criminology of place // *Criminology*. 2015. Vol. 53, № 2. P. 133–157.
17. Wheeler A. P. Mapping the risk terrain for crime using machine learning / A.P. Wheeler, W. Steenbeek // *Journal of Quantitative Criminology*. 2021. Vol. 37, № 2. P. 445–480.

References

1. Bakharev D. V. Spatial Thinking in Criminology. Part I: Theoretical Premises and Methodological Foundations of Applying Spatial Analysis Methods to Study Crime Determination Mechanisms. *Criminology*. 2016;3:181–313 (In Russ.).
2. Luneev V. V. Geography of Organized Crime and Corruption in Russia (1997–1999). *State and Law*. 2000;11:34–41 (In Russ.).
3. Luneev V. V. *Crimes of the 20th Century: Global, Regional and Russian Trends*. Moscow: Norma Publ.; 1997:497 (In Russ.).
4. Maksimovich N. V., Tarasov A. A., Ivanova A. S., Onatskaya I. E. Spatial distribution of psychoactive substance advertising in Saint Petersburg. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):112–120 (In Russ.).
5. Andresen M. A., Malleon N. Crime seasonality and its variations across space. *Applied Geography*. 2013;43:25–35.
6. Anselin L. *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 1988:284.
7. Brantingham P. L., Brantingham P. J. Environment, routine and situation: Toward a pattern theory of crime. *Advances in Criminological Theory*. Vol. 5. Ed.: R. V. Clarke, M. Felson. New Brunswick: Transaction Publishers; 1993:259–294.
8. Burnham K. P., Anderson D. R. *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach*. 2nd ed. New York: Springer; 2002:488.
9. City of Detroit. RMS Crime Incidents. Detroit Police Department, Records Management System (RMS). Detroit Open Data Portal. 2016–2025. URL: <https://data.detroitmi.gov> (accessed 15.09.2025).
10. Elhorst J. P. *Spatial Econometrics: From Cross-Sectional Data to Spatial Panels*. Berlin: Springer; 2014:119.
11. Galster G. C. *Making Our Neighborhoods, Making Our Selves*. Chicago: University of Chicago Press; 2019:344.
12. Lin X., Zhang J., Jiang S. Spatial and temporal correlations of crime in Detroit: Evidence from spatial dynamic panel data models. *International Review of Law and Economics*. 2022;72:106100.
13. Sugrue T. J. *The Origins of the Urban Crisis: Race and Inequality in Postwar Detroit*. Updated ed. Princeton, NJ: Princeton University Press; 2014:432.
14. Tobler W. R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*. 1970;46Suppl:234–240.
15. U.S. Census Bureau. American Community Survey (ACS), 5-year Estimates, 2017–2021, block group level. Washington, DC: U.S. Census Bureau, 2024. URL: <https://data.census.gov> (accessed 15.09.2025).
16. Weisburd D. The law of crime concentration and the criminology of place. *Criminology*. 2015;53;2:133–157.
17. Wheeler A. P., Steenbeek W. Mapping the risk terrain for crime using machine learning. *Journal of Quantitative Criminology*. 2021;37;2:445–480.

Информация об авторах

Батуев А. В. – магистрант кафедры картографии и геоинформатики;
Максимович Н. В. – аспирант кафедры картографии и геоинформатики;
Сидорина И. Е. – кандидат географических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики;
Пьянков Г. А. – магистрант кафедры картографии и геоинформатики.

Information about the authors

Batuev A. I. – Master's student, Department of Cartography and Geoinformatics;
Maksimovich N. V. – PhD student, Department of Cartography and Geoinformatics;

Sidorina I. E. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics;

Рунков Г. А. – Master’s student, Department of Cartography and Geoinformatics.

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 23.12.2025; одобрена после рецензирования 22.01.2026; принята к публикации 28.01.2026.

The article was submitted 23.12.2025; approved after reviewing 22.01.2026; accepted for publication 28.01.2026.

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 50–56.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):50–56 (In Russ.).

Научная статья
УДК 504.75:630.182.7
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.006>

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ЛЕСНЫМИ ГЕОСИСТЕМАМИ ООПТ МОСКВЫ И ХОПЕРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА

Бурукина Ольга Алексеевна¹, Чертков Павел Владимирович², Луговская Людмила Александровна³, Луговской Александр Михайлович⁴✉

¹Российский государственный социальный университет, Москва, Россия

²Филиал Кубанского государственного университета, Новороссийск, Россия

³Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия

⁴Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

¹olga.al.burukina@gmail.com

²p.chertkov2014@yandex.ru

³lla1986@yandex.ru

⁴alug1961@yandex.ru✉

Аннотация. Целью исследования является сравнительная оценка депонирующей способности углерода лесными экосистемами особо охраняемых природных территорий (ООПТ) г. Москвы (на примере природно-исторических парков «Битцевский лес» и «Лосиный Остров») и Хоперского государственного природного заповедника. В работе проведен анализ углеродных пулов в фитомассе древостоя, подлеска, напочвенном покрове, почве и мертвом органическом веществе. Для оценки использовались методы геоботанического описания, аллометрического моделирования, определения органического углерода в почве (метод сухого озоления), а также биоиндикации (флуктуирующая асимметрия листьев, лишеноиндикация). Установлено, что, несмотря на повышенную антропогенную нагрузку, лесные ООПТ Москвы сохраняют значительный потенциал депонирования углерода. При этом почва остается ключевым долгосрочным резервуаром углерода в обеих типах экосистем. Выявлено влияние атмосферного загрязнения на состояние городских насаждений. Результаты обосновывают необходимость сохранения и интеграции лесных ООПТ в экологический каркас города как важного элемента климатической политики.

Ключевые слова: депонирование углерода, лесные экосистемы, особо охраняемые природные территории (ООПТ), углеродные пулы, урбоэкосистема, климатическая устойчивость, биоиндикация

Для цитирования: Бурукина О. А., Чертков П. В., Луговская Л. А., Луговской А. М. Структурно-функциональная система депонирования углекислого газа лесными геосистемами ООПТ Москвы и Хоперского государственного заповедника // Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1 (100). С. 50–56. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.006>.

STRUCTURAL-FUNCTIONAL SYSTEM OF CARBON SEQUESTRATION BY FOREST GEOSYSTEMS OF PROTECTED AREAS IN MOSCOW AND THE KHOPER STATE NATURE RESERVE

Olga A. Burukina¹, Pavel V. Chertkov², Lyudmila A. Lugovskaya³, Alexander M. Lugovskoy⁴✉

¹Russian State Social University, Moscow, Russia

²Branch of the Kuban State University, Novorossiysk, Russia

³Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia

⁴Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

¹olga.al.burukina@gmail.com

²p.chertkov2014@yandex.ru

³lla1986@yandex.ru

⁴alug1961@yandex.ru✉

Abstract. The aim of the study is a comparative assessment of the carbon sequestration capacity of forest ecosystems in protected areas of Moscow (using the example of the Bitsevsky Forest and Losiny Ostrov natural and historical parks) and the Khoper State Nature Reserve. The paper analyzes carbon pools in the phytomass of tree stands, undergrowth, ground cover, soil, and dead organic matter. Assessment methods included geobotanical description, allometric modeling, determination of soil organic carbon (dry ashing method), and bioindication (fluctuating leaf asymmetry, lichen indication). It was found that, despite increased anthropogenic pressure, forest protected

areas in Moscow retain significant carbon sequestration potential. Soil remains the key long-term carbon reservoir in both types of ecosystems. The influence of atmospheric pollution on the condition of urban plantations has been identified. The results substantiate the need for the conservation and integration of forest protected areas into the city's ecological framework as an important element of climate policy.

Keywords: carbon sequestration, forest ecosystems, protected areas (PAs), carbon pools, urban ecosystem, climate resilience, bioindication

For citation: Burukina O. A., Chertkov P. V., Lugovskaya L. A., Lugovskoy A. M. Structural-functional system of carbon sequestration by forest geosystems of protected areas in Moscow and the Khooper State Nature Reserve. *Geology, Geography and Global Energy*. 2026;1(100):50–56. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.006> (In Russ.).

Введение

В условиях глобального изменения климата, обусловленного антропогенными выбросами парниковых газов, способность экосистем к депонированию углерода приобретает ключевое значение для реализации климатической политики. Лесные экосистемы являются одними из крупнейших резервуаров и активных стоков углерода на планете, аккумулируя его в биомассе древостоя, мертвой древесине, подстилке и почве. Особо охраняемые природные территории (ООПТ), выполняющие функции сохранения биоразнообразия, играют также важнейшую роль в поддержании региональных углеродных балансов.

В урбанизированных ландшафтах, таких как Москва, сохранившиеся лесные массивы в статусе ООПТ (природно-исторические парки, заказники) подвержены комплексному техногенному и рекреационному воздействию. Это влияет на их структурно-функциональные характеристики, включая продуктивность и, как следствие, способность к аккумуляции углерода. Сравнительный анализ углерододепонирующей функции городских ООПТ и эталонных ненарушенных территорий, таких как Хоперский государственный заповедник, позволяет оценить устойчивость городских лесов и их вклад в смягчение климатических изменений на локальном уровне, а также обосновать необходимость их сохранения и интеграции в экологический каркас города в качестве климатически значимых объектов. Цель исследования – провести оценку структурно-функциональной системы депонирования углерода лесными экосистемами ООПТ г. Москвы (на примере природно-исторических парков «Битцевский лес», «Лосиный Остров») и Хоперского государственного природного заповедника на основе количественного определения углеродных пулов в различных компонентах экосистем и анализа факторов, влияющих на их величину.

Материал и методы исследования

Исследования проводились на территории двух московских ООПТ (природно-исторических парков «Битцевский лес» и «Лосиный Остров») и в Хоперском государственном заповеднике (Воронежская область). На каждой территории были заложены пробные площади в репрезентативных типах лесных фитоценозов (сосняки, ельники, дубравы, березняки, липняки).

Для оценки фитомассы и углеродного пула древостоя применялись:

1. Геоботаническое описание с учетом деревьев, определением видового состава, диаметра и высоты.
2. Аллометрическое моделирование. Для основных лесообразующих пород использовались региональные аллометрические уравнения, связывающие диаметр и высоту дерева с биомассой ствола, ветвей, листьев и корней. Углеродный запас рассчитывался как 50 % от сухой биомассы.
3. Оценка биомассы подлеска и напочвенного покрова методом укусов и отбора модельных экземпляров на пробных площадях.

Для оценки почвенного углеродного пула исследовались почвенные разрезы и прикопки на пробных площадях, где отбор почвенных образцов проводился послойно (0–10, 10–20, 20–30, 30–50 см).

4. Лабораторный анализ содержания органического углерода в почве методом сухого озоления (по Тюрину в модификации) с использованием муфельной печи.

В качестве биоиндикационных методов для косвенной оценки состояния экосистем и стрессовых факторов, влияющих на продуктивность, применялись метод флуктуирующей асимметрии листовых пластинок березы повислой (*Betula pendula*) и липы мелколистной (*Tilia cordata*) как показатель стабильности развития в условиях стресса и метод лишеноиндикации с учетом проективного покрытия и видового разнообразия эпифитных лишайников на стволах деревьев для оценки чистоты атмосферного воздуха как фактора, лимитирующего фотосинтез.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакетов STATISTICA 10.0 и MS Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Характеристика лесных фитоценозов. На исследуемых ООПТ Москвы преобладают широколиственные (дуб, липа, клен) и смешанные леса с участием сосны и ели, часто имеющие

нарушенную структуру и омоложенный возрастной состав вследствие рекреационного воздействия. В Хоперском заповеднике представлены коренные и условно-коренные пойменные дубравы, ольшаники и сосновые боры с высокой сомкнутостью крон и развитым подлеском.

2. Углеродные пулы в фитомассе. Запасы углерода в древесное в Воронежской области – $95,3 \pm 6,5$, в Москве – $130,0 \pm 12,5$ в среднем т С/га. Это говорит о том, что в городских ООПТ до 1,5 раз выше, чем в аналогичных типах леса заповедника, что связано с средней таксационной полнотой, высотой и диаметром деревьев, а также более молодой возрастной структурой. Однако для городских условий показатели являются значительными. Биомасса подлеска и живого напочвенного покрова в заповеднике выше, но ее вклад в общий пул (5–12 %) относительно невелик.

3. Почвенный углеродный пул. Запасы углерода в верхнем 50-сантиметровом слое почвы показали меньший контраст между городскими и заповедными территориями, что связано с консервативной природой почвенного органического вещества.

Анализ содержания углерода в различных типах почвы показал содержание в оподзоленном черноземе от 112 до 56,5 т С/га в серых лесных почвах заповедника в Воронежской области. Депонирование углерода в лесной подстилке составляет от 0,13 т С/га.

4. Общие расчетные запасы углерода (древостой + почва 0–50 см) в городских лесных ООПТ варьируют от 120 до 160 т С/га, в Хоперском заповеднике – от 112 до 56 т С/га. Таким образом, даже в условиях мегаполиса ООПТ аккумулируют существенные объемы углерода.

5. Результаты биоиндикации. Значения флуктуирующей асимметрии листьев березы в Битцевском лесу и Лосином острове соответствовали баллам 4–6 («относительно чисто» – «загрязнено»), в Хоперском заповеднике – 2–3 («очень чисто» – «чисто»). Лихеноиндикация выявила низкое видовое разнообразие и покрытие лишайников-эпифитов в московских парках (преимущественно виды-индикаторы загрязнения, такие как *Xanthoria parietina*), в то время как в заповеднике отмечено богатое сообщество, включающее виды-индикаторы чистого воздуха (роды *Usnea*, *Vryogia*). Это подтверждает наличие атмосферного стресса в городе, который может ограничивать продукционный процесс и потенциальную депонирующую способность.

Характеристика структурных элементов древесного фитоценоза по фиксации и аккумуляции углерода:

1. Надземная живая фитомасса представляет собой активный, ежегодно растущий пул, непосредственно фиксирующий углерод в процессе фотосинтеза:

– древесный ярус (древослой): основной продуцент и долгосрочный депонирующий пул. Древесина (ксилема) – это главное долговременное хранилище углерода в экосистеме, где углерод фиксируется в целлюлозе, лигнине и других соединениях. Вклад в общий пул: являет собой наиболее значительный компонент живой биомассы – может составлять 60–85 % от общего запаса углерода в фитомассе, в зависимости от возраста и типа леса;

– кустарниковый ярус (подлесок): вспомогательный продуцент, дополнительный сток углерода, играя важную роль в быстром круговороте углерода в форме листового опада, формирует подстилку и защищает почву. Вклад в общий пул небольшой, обычно 3–10 % от запаса углерода в живой фитомассе. В городских лесах из-за разреженности древостоя его доля может быть немного выше;

– травяно-кустарниковый и мохово-лишайниковый ярусы: активные, но краткосрочные продуценты. Обеспечивают быстрый оборот углерода, фиксацию и возврат в атмосферу или почву за сезон или несколько лет. Вклад в общий пул минимальный – до 1–5 %, однако они критически важны для формирования мертвого органического вещества и защиты почвы от эрозии.

2. Мертвое органическое вещество – это пул, находящийся в переходном состоянии между живой биомассой и почвенным гумусом:

– подстилка (лесная подстилка, опад) – буферный слой и место активной трансформации. Состоит из опавших листьев, хвои, веточек, плодов. Здесь происходит начальное разложение органики микроорганизмами и почвенной фауной (эдофоном). Вклад в общий пул небольшой, но динамичный, 2–8 % от общего пула экосистемы. Скорость разложения определяет поток углерода в почву;

– валежник (сухостой и ветровал) – это долгосрочный резерв и «углеродный банк». Крупные стволы и сучья разлагаются десятки лет, медленно высвобождая углерод и создавая среду обитания. Вклад в общий пул может быть значительным в ненарушенных лесах – до 5–15 %, в городских лесах его количество часто искусственно занижено из-за уборки.

3. Подземная система – это крупнейший и наиболее стабильный пул углерода в лесной экосистеме:

– корневая система (древесная, кустарниковая, травянистая): активный депонент и стабилизатор, фиксирует углерод в подземных органах. Корневые выделения (экссудаты) – важный источник легкоразлагаемого органического вещества для почвенной биоты. Вклад в общий пул составляет 15–30 % от общей фитомассы для древесных растений. Часто недооценивается, но является существенным компонентом;

– эдофон (почвенная биота: микроорганизмы, грибы, беспозвоночные): «двигатель» трансформации и стабилизации углерода. Не накапливает большой объем в себе (биомасса мала), но определяет судьбу всего поступающего органического вещества. Грибы, особенно микоризные, и бактерии разлагают мертвое органическое вещество, формируя стабильные органо-минеральные соединения гумуса. Вклад в биомассу менее 1 %, но его активность определяет баланс между минерализацией (выделение CO₂) и гумификацией (закрепление углерода в почве);

– почва (органическое вещество почвы, гумус) как главный долгосрочный и наиболее консервативный сток углерода. Углерод входит в состав гуминовых и фульвокислот, образует комплексы с минеральными частицами, что защищает его от быстрого разложения. Вклад в общий пул крупнейший из всех и часто превышает суммарный запас углерода во всей живой и мертвой фитомассе, составляя от 50 до 75 % всего углерода экосистемы, особенно в зрелых и ненарушенных лесах (табл. 1).

Таблица 1 – Примерное соотношение пулов углерода в лесном фитоценозе (в % от общего запаса в экосистеме)

Структурный элемент	Примерный вклад в общий пул углерода	Примечания и динамика
Почва (0–50/100 см)	50–75 %	Наиболее стабильный и крупный пул, в заповедниках доля выше
Древесный ярус (стволы, ветви, кора)	20–40 %	Самый крупный пул живой биомассы, активно растет в молодых лесах
Подземная фитомасса (корни)	5–15 %	Составляет значимую долю, часто сопоставима с подстилкой + валежом
Мертвое оргвещество (подстилка + валеж)	3–10 %	Переходный, динамичный пул. зависит от типа леса и хозяйства
Кустарниковый ярус	1–5 %	Второстепенный пул живой биомассы
Травяной ярус + эдофон	< 1–2 %	Минимальный по запасам, но максимальный по активности и скорости оборота

Исследование процессов депонирования углерода в лесных экосистемах позволяет сделать комплексный вывод о функционировании этих природных комплексов как единого климатостабилизирующего механизма. Центральным элементом этого механизма является почва, выступающая главным долгосрочным банком углерода. Именно в гумусе и органо-минеральных комплексах углерод закрепляется на столетия, что делает первостепенной задачей охраны почвенного покрова от деградации, эрозии, уплотнения и пожаров. Однако наполнение этого банка всецело зависит от работы древостоя как основной «фабрики» по улавливанию атмосферного CO₂. Продуктивность и состояние древесного яруса определяют объем ежегодного прироста биомассы, а значит, и количество углерода, который в конечном итоге через листовую опад и отмершую древесину поступает в почву. При этом судьба поступившего органического вещества решается в «цехе трансформации», роль которого исполняет эдофон – совокупность почвенных микроорганизмов, грибов и беспозвоночных. Эта живая система выступает дирижером процесса, решая, будет ли углерод быстро минерализован и возвращен в атмосферу или же преобразован в стабильные гуминовые соединения, пополняющие почвенный резервуар.

Характеристика депонирования углерода в болотных, торфяных и водных компонентах лесных экосистем: объединяющим принципом для всех сред является анаэробность (кислородное голодание), которая резко подавляет деятельность редуцентов (бактерий и грибов), ответственных за разложение органического вещества. Это приводит к чистому накоплению (нетто-депонированию) углерода на протяжении столетий и тысячелетий.

1. Болотные лесные экосистемы (например, верховые и переходные болота с сосной) – механизм депонирования: фотосинтез древесной (сосна, береза) и особенно сфагновой растительности производит органику. В условиях постоянного переувлажнения и кислой среды, создаваемой сфагнумом, разложение опада, хвои и мхов идет крайне медленно. Неразложившиеся остатки накапливаются, формируя торфяную залежь. Скорость накопления низкая – 0,2–1,0 мм/год по вертикали, что соответствует 10–50 г углерода на м² в год. Мощность залежи может достигать 3–10 метров, а возраст – 8 000–12 000 лет. Это живая летопись углеродного баланса. Болота в углеродном цикле являются стабильными долгосрочными стоками (депо) CO₂ из атмосферы, но одновременно источниками сильнейшего парникового газа метана (CH₄), образующегося в анаэробных условиях.

Общий климатический эффект зависит от баланса между депонированием CO₂ и эмиссией CH₄. В долгосрочной перспективе (сотни лет) их роль как стоков считается преобладающей.

2. Торфяные залежи и торфяные почвы – это уже сформированная исторически толща мертвого органического вещества (торфа) разной степени разложения (от слаборазложившихся мхов до сильноразложившегося древесного торфа). Углеродный пул – это крупнейшее концентрированное хранилище углерода на единицу площади среди всех наземных экосистем. Запасы углерода могут достигать 1 500–2 000 т С/га в расчете на всю толщу залежи (для сравнения: в минеральной почве леса – 80–120 т С/га в верхних 50 см). Углерод находится в относительно инертном состоянии. Главная угроза – осушение. При понижении уровня грунтовых вод в торф проникает кислород, активизируются аэробные микроорганизмы, и начинается быстрая минерализация торфа с выделением огромного количества CO₂. Осушенные торфяники превращаются из стоков в мощные источники парниковых газов. Если торфяная залежь погружается под воду (например, при подтоплении), процесс разложения почти полностью останавливается, и углерод «консервируется» на геологическое время.

3. Иловые отложения (сапропель) в пределах лесных экосистем. Место формирования – мелководные зоны озер, стариц, заболоченные участки рек внутри лесного массива. Углерод поступает в виде аллохтонного (принесенного извне) материала – опавших листьев, пылицы, органического стока с водосбора и автохтонного (местного) – остатков водных растений и планктона. В условиях недостатка кислорода на дне эти остатки не разлагаются, а накапливаются, смешиваясь с минеральными частицами. Скорость седиментации (осадконакопления) выше, чем рост торфа, и может достигать несколько мм/год. Формируются глинисто-органические илы (сапропель). Углеродный пул менее концентрированный, чем в торфе (из-за примеси минералов), но также значительный. Может служить долгосрочным стоком. При осушении или эвтрофикации (цветении воды) водоема могут начинаться процессы разложения с выделением CO₂ и CH₄. (табл. 2.)

Таблица 2 – Сравнительная характеристика пулов долгосрочного депонирования углерода

Компонент экосистемы	Болото (активный торфогенез)	Торфяная залежь (зрелая)	Иловые отложения (сапропель)
Ключевой процесс	Нетто-депонирование в условиях анаэробноза	Консервация исторически накопленного углерода	Седиментация и захоронение органики под водой
Скорость накопления	Медленная (десятые доли мм/год)	Практически нулевая (пул создан)	Средняя (мм/год)
Объем пула, т С/га	500–2 000+ (на всю толщу)	1 000–2 500 + (на всю толщу)	200–800 (в толще донных отложений)
Стабильность (угроза)	Высокая, пока сохранен гидрологический режим (Угроза: осушение, пожары)	Очень высокая, если не нарушена (Угроза: дренаж, добыча торфа)	Высокая в анаэробных условиях (Угроза: осушение, эвтрофикация)
Аналогия	«Живой» медленно растущий углеродный склад	«Замороженный углеродный банк»	Подводное углеродное хранилище

Проведенный анализ позволяет осознать исключительную роль болотных и заболоченных экосистем в глобальном углеродном цикле. Несмотря на скромную площадь, составляющую лишь около 3 % суши, болота и торфяники аккумулируют приблизительно 30 % всего почвенного углерода планеты, превосходя по этому показателю все мировые леса. Это делает их не просто важными, а критическими биосферными резервуарами. Их уникальность заключается в том, что они представляют собой единственные наземные экосистемы с доказанным многовековым и даже тысячелетним нетто-накоплением углерода, непрерывно изымая его из атмосферного круговорота.

Такой статус напрямую переводит их в ранг ключевого фактора климатической устойчивости. Сохранение естественного гидрологического режима на этих территориях, особенно в границах особо охраняемых природных территорий (ООПТ), является фундаментальной мерой смягчения изменения климата. Напротив, их осушение и деградация запускают обратный, катастрофический процесс – окисление торфяных залежей с колоссальными выбросами диоксида углерода.

Эта глобальная значимость находит конкретное отражение на региональном и локальном уровнях. Для Москвы сохранение и восстановление фрагментов болот и заболоченных земель в пределах ООПТ, таких как «Лосинный остров», – это не только вопрос биоразнообразия, но и прямой, измеримый вклад в улучшение углеродного баланса мегаполиса. Для Хоперского государственного заповедника пойменные старицы и заболоченные участки выступают важнейшими естественными лабораториями, где формируются мощные иловые отложения и торфяные

почвы, многократно усиливая общую депонирующую способность этой эталонной территории. Таким образом, гидрологические элементы ландшафта выполняют функцию стратегического геохимического барьера, эффективно и на длительные геологические сроки исключая углерод из активного биосферного оборота. Следовательно, их охрана и восстановление должны рассматриваться как абсолютный приоритет экологической политики, равнонаправленный на решение задач сохранения уникальных местообитаний и противодействия глобальному изменению климата.

Сравнительный анализ подтверждает универсальность этой взаимосвязи, но также выявляет ее уязвимость под антропогенным воздействием. В условиях городских ООПТ, таких как лесопарки Москвы, общий потенциал депонирования в уменьшенной доле углеродного пула в древесостое из-за разреженности и омоложения насаждений, а также в некотором сокращении запасов в почве вследствие антропогенных нарушений. Тем не менее даже в этих условиях почва сохраняет роль доминирующего хранилища. В свою очередь, ненарушенные экосистемы, подобные Хоперскому заповеднику, демонстрируют эталонное состояние всех компонентов этой системы: мощный и продуктивный древесостой, богатый и активный эдифон и, как результат, максимально заполненный почвенный углеродный банк. Таким образом, климатическая функция леса – это результат синергии трех ключевых компонентов: продуцирующего (древесной), трансформирующего (эдифон) и аккумулирующего (почва). Стратегия управления особо охраняемыми природными территориями, направленная на усиление их роли в смягчении изменений климата, должна быть комплексной и нацеленной на поддержание здоровья каждого из этих звеньев.

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует, что лесные экосистемы особо охраняемых природных территорий г. Москвы, несмотря на значительную трансформацию и рекреационную нагрузку, выполняют важную функцию депонирования углерода, выступая стабилизирующими элементами углеродного баланса урбоэкосистемы. Хотя абсолютные запасы углерода в их биомассе отличаются от таковых в экосистемах Хоперского заповедника, почвенные пулы углерода остаются сопоставимыми. Суммарный углеродный пул московских лесных ООПТ является климатически значимым.

Результаты биоиндикации подтверждают, что основным лимитирующим фактором для реализации полного потенциала депонирования углерода городскими лесами является комплексное атмосферное загрязнение. Снижение антропогенной нагрузки, регулирование рекреации и проведение научно обоснованных лесоводственных мероприятий на ООПТ позволят повысить их устойчивость и продуктивность.

Таким образом, интеграция и сохранение лесных ООПТ в структуре Москвы и других крупных городов необходимо не только для поддержания биоразнообразия и рекреационного потенциала, но и как действенная мера климатической адаптации и смягчения последствий изменения климата через создание сети эффективных углеродных стоков в пределах урбанизированных территорий.

Список литературы

1. Байтурина Р. Р., Султанова Р. Р., Асылбаев И. Г. Оценка запаса углерода в лесной подстилке и верхнем слое почв насаждений основных лесообразующих пород // *Journal of Agriculture and Environment*. 2023. № 12 (40). URL: <https://jae.cifra.science/archive/12-40-2023-december/10.23649/JAE.2023.40.24> (дата обращения: 06.12.2025).
2. Данилов Д. А., Яковлев А. А., Суворов С. А., Крылов И. А., Корчагов С. А., Хамитов Р. С. Формирование надземной фитомассы лиственных древесных пород на постагрогенных землях // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2023. № 1. С. 65–76.
3. Захаров В. М., Чубинишвили А. Т. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях. Москва: Центр экологической политики России, 2001. 148 с.
4. Уткин А. И., Ермолова Л. С., Уткина И. А. Площадь поверхности лесных растений: сущность, параметры, использование / отв. ред. С. Э. Вомперский. Москва: Наука, 2008. 292 с.
5. Постановление от 27 декабря 2024 г. № 3160-пп «О преобразовании особо охраняемых природных территорий регионального значения города Москвы в особо охраняемые зеленые территории города Москвы».
6. Смагин А. В., Садовникова Н. Б., Смагина М. В. и др. Моделирование динамики органического вещества почв. Москва: Изд-во Московского университета, 2001. 120 с.
7. Пристова Т. А. Фитомасса подлеска в производных лиственных насаждениях средней тайги // *Лесотехнический журнал*. 2020. № 1. С. 60–68.
8. Приказ Минприроды России от 27.05.2022 № 371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов». URL: <https://docs.cntd.ru/document/350962750> (дата обращения: 10.08.2025).
9. Свиридов Д. Г. Депонирование углерода дубовыми насаждениями Центрального Черноземья: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 Экология.

10. Чикин А. Ю., Луговской А. М., Межова Л. А. Геоэкологическая оценка влияния промышленно-транспортных зон на объекты природно-культурного наследия в природно-историческом парке «Битцевский лес» // *Геология, география и глобальная энергия*. 2025. № 2 (97). С. 116–122.
11. 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.
12. Филипчук А. Н., Малышева Н. В., Золина Т. А., Селезнев А. А. Государственная инвентаризация лесов // *Лесохозяйственная информация*. 2024. № 1. С. 29–55.

References

1. Baiturina R. R., Sultanova R. R., Asylbaev I. G. Assessment of Carbon Stock in Forest Litter and Topsoil of Plantations of Main Forest-Forming Species. *Journal of Agriculture and Environment*; 2023;12(40). URL: <https://jae.cifra.science/archive/12-40-2023-december/10.23649/JAE.2023.40.24> (accessed 06.12.2025) (In Russ.).
2. Danilov D. A., Yakovlev A. A., Suvorov S. A., Krylov I. A., Korzhagov S. A., Khamitov R. S. Formation of aboveground phytomass of deciduous tree species on postagrogenic lands. *News of Higher Educational Institutions. Forestry Journal*. 2023;1:65–76 (In Russ.).
3. Zakharov V. M., Chubinishvili A. T. *Monitoring of Environmental Health in Protected Natural Areas*. Moscow: Center for Environmental Policy of Russia; 2001:148 (In Russ.).
4. Utkin A. I., Ermolova L. S., Utkina I. A. *The surface area of forest plants: essence, parameters, use*. Ed. S. E. Wompersky. Moscow: Nauka Publ.; 2008:292 (In Russ.).
5. Resolution № 3160-pp of December 27, 2024 «On the transformation of specially protected natural Territories of Regional Significance in Moscow into specially protected green areas of Moscow». (In Russ.)
6. Smagin A.V., Sadovnikova N.B., Smagina M.V. et al. *Modeling the Dynamics of Soil Organic Matter*. Moscow: Moscow University Press. 2001 : 120. (In Russ.)
7. Pristova T.A. Understorey Phytomass in Derivative Deciduous Plantations of the Middle Taiga. *Lesotekhnicheskyy Zhurnal*. 2020 ; 1 : 60–68. (In Russ.)
8. Order № 371 of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation dated May 27, 2022, “On Approval of Methods for Quantifying Greenhouse Gas Emissions and Absorptions”. URL: <https://docs.cntd.ru/document/350962750> (accessed 10.08.2025). (In Russ.)
9. Sviridov D. G. *Carbon Deposition by Oak Plantations in the Central Chernozem Region: PhD Thesis in Biology: 03.00.16 Ecology*. (In Russ.).
10. Chikin A.Yu., Lugovskoy A.M., Mezхова L.A. Geoecological Assessment of the Impact of Industrial and Transport Zones on Natural and Cultural Heritage Sites in the Bytsevo Forest Natural and Historical Park. *Geology, Geography, and Global Energy*. 202 ;2(97):116–122 (In Russ.).
11. Chikin A. Yu., Lugovskoy A. M., Mezхова L. A. Methodological Approaches to the Assessment of the Restoration of Garden and Park Landscapes as Natural and Cultural Heritage Objects. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):68–72. (In Russ.).
12. Filipchuk A. N., Malysheva N. V., Zolina T. A., Seleznev A. A. State Inventory of Forests. *Forestry Information*. 2024;1:29–55 (In Russ.).

Информация об авторах

Бурукина О. А. – аспирант;
Чертков П. В. – кандидат географических наук, доцент кафедры педагогического и филологического образования;
Луговская Л. А. – кандидат географических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности;
Луговской А. М. – доктор географических наук, профессор кафедры географии.

Information about the authors

Burukina O. A. – postgraduate student;
Chertkov P. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor of the Department of Pedagogical and Philological Education;
Lugovskaya L. A. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor of the Department of Life Safety;
Lugovskoy A. M. – Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Department of Geography.

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

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

Статья поступила в редакцию 02.12.2025; одобрена после рецензирования 18.12.2025; принята к публикации 29.12.2025.

The article was submitted 02.12.2025; approved after reviewing 18.12.2025; accepted for publication 29.12.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 57–63.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):57–63 (In Russ.).

Научная статья
УДК 551.438.5
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.007>

АНТРОПОГЕННЫЙ РЕЛЬЕФ НА ТЕРРИТОРИИ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ

Дахова Оксана Олеговна
Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик,
Кабардино-Балкарская Республика
dakhva@rambler.ru

Аннотация. Рельеф земной поверхности – одно из важнейших условий обитания человека, его хозяйственной деятельности. Рельеф поверхности Земли является одновременно продуктом геологического развития и компонентом (составной частью) географического ландшафта, являясь поверхностью раздела и одновременно поверхностью взаимодействия различных оболочек земного шара: литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы. На окружающую среду данный вид рельефа может влиять как положительно, так и отрицательно. К негативным последствиям можно отнести изменение гидрологического режима, загрязнение окружающей природной среды, а также потерю плодородных земель. Объектом исследования является рельеф, измененный хозяйственной деятельностью человека. Цель – охарактеризовать рельеф антропогенного генезиса. В работе представлены результаты исследования (2022–2024 гг.) и систематизации различных источников информации об антропогенном рельефе (в пределах Кабардино-Балкарии). Результаты работы и обсуждение: определены основные антропогенные формы рельефа республики (наиболее древними формами являются курганы). В настоящее время антропогенное воздействие на рельеф проявляется практически в пределах всех морфоструктур территории Кабардино-Балкарии. Наиболее интенсивная антропогенная денудация земной поверхности приурочена большей частью к районам добычи полезных ископаемых.

Ключевые слова: антропогенная деятельность, горная система, курганы, морфоструктура, окружающая среда, рельеф, рекреационная деятельность, террасы

Для цитирования: Дахова О. О. Антропогенный рельеф на территории Кабардино-Балкарии // *Геология, география и глобальная энергия.* 2026. № 1(100). С. 57–63. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.007>.

ANTHROPOGENIC RELIEF IN KABARDINO-BALKARIA

Oksana O. Dakhova
Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic
dakhva@rambler.ru

Abstract. The relief of the earth's surface is one of the most important conditions for human habitation and economic activity. The relief of the Earth's surface is both a product of geo-logical development and a component of the geographical landscape, being a partition surface and at the same time the top of the interaction of various shells of the globe: lithosphere, atmosphere, hydrosphere and biosphere. This type of relief can affect the environment both positively and negatively. The negative consequences include a change in the hydrological regime, environmental pollution, as well as the loss of fertile land. The object of the study is the relief changed by human economic activity. The goal is to characterize the relief of anthropogenic genesis. The paper presents the results of the study (2022–2024) and the systematization of various sources of information about the anthropogenic relief (within the Kabardino-Balkarian Republic). Results of the work and discussion: the main anthropogenic forms of the relief of the republic are determined (the most ancient forms are mounds). Currently, anthropogenic impact on the relief is manifested almost within all morphostructures of the territory of Kabardino-Balkaria. The most intense anthropogenic denudation of the earth's surface is confined mostly to mining areas.

Keywords: anthropogenic activity, mountain system, mounds, morphostructure, environment, relief, recreational activity, terraces

For citation: Dakhova O. O. Anthropogenic relief in Kabardino-Balkaria. *Geology, Geography and Global Energy.* 2026;1(100):57–63. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.007> (In Russ.).

Введение

На протяжении всего времени развития человеческой цивилизации деятельность человека является фактором, значение которого для преобразования земной поверхности (путем осуществления различных технических сооружений) нельзя недооценивать. Распашкой огромных пространств, регулированием течения рек, осушкой болот, орошением обширных пустынных

или полупустынных земель, закреплением сыпучих песков растительностью, проведением каналов, выемок, железнодорожных линий, возведением плотин, уничтожением порогов и стремнин на реках при гидроэнергетических сооружениях, закладкой открытых и подземных горных выработок, истреблением лесных массивов и другими мероприятиями человек оказывает весьма сильное прямое и косвенное и – что особенно важно – с каждым годом быстро возрастающее влияние на развитие рельефа [2, 10–12].

Антропогенная деятельность на территории Кабардино-Балкарской Республики является весьма значимым фактором изменения рельефа, являющегося важной составляющей окружающей нас природной среды. Воздействие на рельеф происходило в течение многих тысяч лет, однако максимальные темпы ее развития характерны для последнего исторического отрезка. Разнообразные природные ресурсы республики интенсивно использовались и используются в самых разных направлениях человеческой деятельности, что обусловило изменение природных ландшафтов в целом и не в последнюю очередь рельефа как одного из важнейших его элементов. Недостаточное внимание к антропогенному воздействию на рельеф приводит не только к деградации ландшафтов, но может являться причиной активизации негативных экзогенных процессов, наносящих экономический ущерб [16].

В работах [4–7] изучается состояние природной среды Кабардино-Балкарии, дается общая характеристика территории. В республике наглядно прослеживается три формы рельефа – горы, предгорья и равнины.

Территория Кабардино-Балкарии расположена на северном макросклоне Большого Кавказа (рис. 1) – сложного складчато-покровного сооружения, характеризующегося деструктивно-денудационным рельефом и образованного интенсивными позднеальпийскими дифференцированными неотектоническими поднятиями, и Предкавказской равнины – области дифференцированных неотектонических опусканий, где преобладает аккумулятивный рельеф. В пределах территории республики можно выделить три основных мегаформы или геоморфологических зоны – горная система, предгорья, равнина [8].

Горная система Большого Кавказа представлена эрозионно-тектоническими горами, а в северо-восточной части – узкой полосой ступенчато-грядовых моноклиальных предгорий. Эрозионно-тектонические горы развиваются на дислоцированных, разнородных по свойствам образованиях докембрия, палеозоя и мезозоя. Характеризуются средне-высокогорным, значительно расчлененным денудационно-деструктивным, контрастным, интенсивно воздымающимся плиоцен-четвертичным рельефом с преобладанием структурных и неотектонических мегаформ с наложенными флювиальными и гляциальными мезо- и микроформами [14].



Рисунок 1 – Физическая карта Северного Кавказа

Предгорья развиваются на моноклиально залегающих, слабо контрастных по свойствам породах мела, палеогена и неогена. Для них характерен низкогорный, прямой, продольный, ступенчатый, наклоненный к северо-востоку, слабо расчлененный, неконтрастный, денудационно-эрозионный, умеренно воздымающийся неоплейстоцен – голоценовый рельеф с преобладанием мягких, литоструктурных мегаформ и наложенных на них аккумулятивно-эрозионных мезо- и микроформ.

Предгорная равнина занимает северо-восточную часть территории республики. Представлена юго-западной частью приподнятой, наклоненной к северу эрозионно-аккумулятивной аллювиальной впадиной.

Территория Кабардино-Балкарии как составная часть территории Северного Кавказа в целом является одним из мест развития человеческой цивилизации с древних времен до наших дней. С появлением человечества возник и новый фактор рельефообразования – антропогенный.

Основная часть

Наиболее древними свидетельствами антропогенного воздействия на рельеф на территории Кабардино-Балкарии являются курганы – аккумулятивные формы, созданные руками человека (рис. 2). Наиболее древние из них относятся к концу IV – началу III тыс. до н. э. и относятся к так называемой Майкопской культуре.

Как правило, курганы на территории Кабардино-Балкарской Республики относятся к микроформам. Их размеры в плане определяются реже сотнями и первыми тысячами квадратных метров, а относительная разность высот измеряется метрами, реже первыми десятками метров [1].



Рисунок 2 – Древние курганы на северо-восточной окраине с.п. Урвань (КБР)

К более поздним (по времени сохранившимся в современном рельефе) антропогенным формам относятся рукотворные террасы сельскохозяйственного назначения и использовавшиеся под посевы зерновых культур (в основном ячменя). В настоящее время террасы не потеряли своего значения в качестве сенокосов (рис. 3).



Рисунок 3 – Террасы антропогенного генезиса сельскохозяйственного назначения над селением Бедык Эльбрусского района КБР

Создание этих форм антропогенного рельефа, достигавших в длину сотни метров, а по площади, занимавшие до нескольких десятков гектаров, требовало колоссальных объемов ручного труда, при этом в тяжелых условиях горного рельефа. Для сопоставления объемов произведенных земляных работ можно обратить внимание на расположенный в правом нижнем углу рисунка 3 карьер по добыче гипсового камня Бедьковского месторождения (достаточно крупное предприятие в масштабах республики), разрабатываемый с применением современной техники.

В настоящее время антропогенное воздействие на рельеф проявляется практически в пределах всех морфоструктур территории КБР. В горной части КБР оно приурочено к развитию рекреационного комплекса (строительство горнолыжной инфраструктуры Приэльбрусья), объектам добычи полезных ископаемых (Тырныаузское вольфрамомолибденовое месторождение, Бедьковское месторождение гипса, Казганчийское месторождение туфа), строительства объектов гидроэнергетики [6, 7, 15].

При этом создаются не только непосредственно новые аккумулятивные и денудационные формы рельефа антропогенного генезиса, но и возникают условия для усиления или ослабления природных рельефообразующих процессов или изменения их направленности.

В пределах равнинной территории – к районам добычи общераспространенных полезных ископаемых (кирпичного сырья, строительного песка, песчано-гравийной смеси) – в этих районах преобладают в основном денудационные формы, образованные карьерными выемками.

На рисунке 4 можно наблюдать сочетание антропогенных денудационных и аккумулятивных форм рельефов, образовавшихся в результате открытой и подземной разработки Тырныаузского вольфрамомолибденового месторождения (ТВМК) на хребте Уллу-Тырныауз.

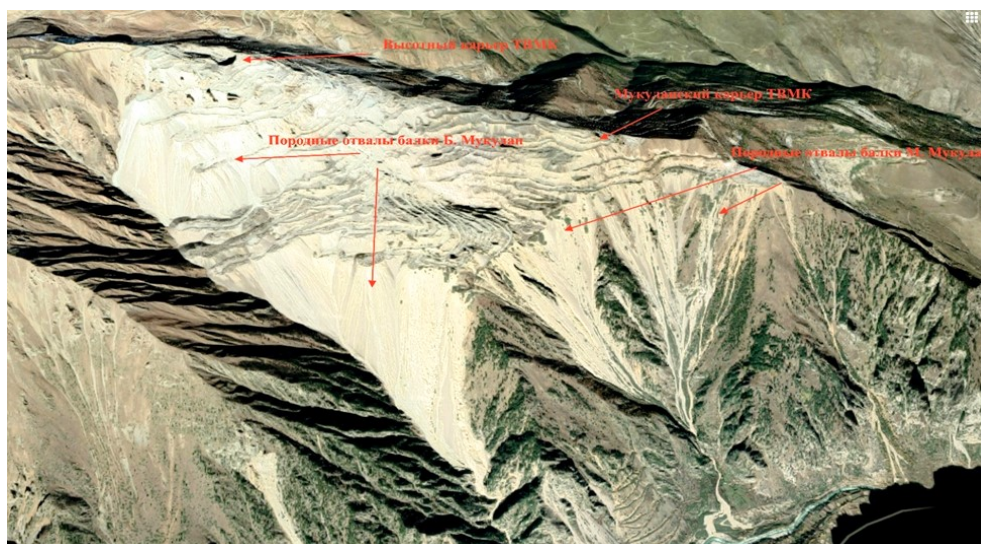


Рисунок 4 – Высотный и Мукуланский карьеры ТВМК и породные отвалы в балках Большой и Малый Мукулан

В верхней части снимка достаточно остроконечный гребень и склон хребта в результате открытой разработки приобретают более сглаженные (террасированные) формы с хорошо выраженным сочетанием поверхностей (площадок), бровок, уступов, тыловых швов. В верхней части Высотного карьера хорошо фиксируется обвальная-просадочная воронка, образовавшаяся на месте действовавшего рудоспуска.

Левый склон балки Большой Мукулан и центральная часть балки Малый Мукулан в настоящее время представляет собой крупнейший на Северном Кавказе техногенный осыпной склон – аккумулятивную форму рельефа антропогенного происхождения. В период с 1970 по 2001 г. в отвалы Мукуланских балок было отсыпано более 50 млн м³ горной массы [13].

В пределах техногенного осыпного склона, в свою очередь, получают развитие эрозионные рытвины (денудационные формы), которые носят природно-техногенный характер.

В периоды интенсивных дождей материал осыпных склонов является источником образования селевых потоков, которые, в свою очередь, выходя в долину р. Баксан, вновь создают аккумулятивную форму рельефа – конус выноса (рис. 5).



Рисунок 5 – Селепропускной лоток под автодорогой Тырныауз – Терскол и конус селевого выноса на выходе балки Большой Мукулан в долину р. Баксан

При этом возникающие селевые потоки несут потенциальную угрозу транспортной и инженерной инфраструктуре района, а в случае мощного схода селей могут привести и к подпруживанию р. Баксан, что чревато более серьезными последствиями.

Следующей крупной антропогенной формой рельефа в Эльбрусском районе Кабардино-Балкарской Республики, также связанной с деятельностью ТВМК, является хвостохранилище на р. Гижгит.

Для создания хвостохранилища на выходе р. Гижгит в долину р. Баксан была отсыпана дамба, в результате чего образовалась запрудная котловина, в которую по пульпопроводу от обогатительной фабрики подавались хвосты обогащения руд. Для отвода воды из р. Гижгит было пробито два тоннеля. По мере заполнения хвостохранилища на прилегающей к дамбе территории образовывался пляж. В 2001 г. работа комбината была остановлена. За прошедшее время сухая часть пляжа рекультивирована [4, 17].

Результатом создания хвостохранилища явились следующие изменения рельефа:

1. Долину р. Гижгит, исходя из особенности продольного профиля (наличие устьевого уступа), в настоящее время можно охарактеризовать как «висячую».
2. На примыкании сухого пляжа к плотине хвостохранилища образована ровная, практически горизонтальная площадка площадью около 45 гектаров. Площадка, как и тело дамбы, зарастает древесной и кустарниковой растительностью.

Выше по течению долины образовался водоем запрудного типа длиной 1,2 км шириной до 450 м, площадь зеркала воды составляет 30,7 га.

Таким образом, в результате строительства хвостохранилища на локальной территории был в корне изменен сложившийся природный ландшафт [18].

Как уже упоминалось выше, наиболее интенсивная антропогенная денудация земной поверхности приурочена большей частью к районам добычи полезных ископаемых. И территория Кабардино-Балкарской Республики не является здесь исключением.

Заключение

Одной из насущных проблем современности является сохранение для последующих поколений природного разнообразия ландшафтов территорий [3].

В свете поисков решения проблемы: удовлетворение потребностей человека – сохранение среды обитания, одной из важнейших задач геоморфологии как науки в ее прикладном направлении является изучение антропогенного воздействия на рельеф как составной части окружающей среды. Важнейшей задачей геоморфологии на территориях активной антропогенной деятельности, а территория Кабардино-Балкарской Республики в полной мере отвечает этому критерию, является геоморфологический прогноз, т. е. определение наиболее вероятного сценария

развития рельефобразующих процессов, включая воздействие в результате хозяйственной деятельности человека.

При этом необходимо учитывать в подобных прогнозных сценариях тенденции не только природных геоморфологических процессов, но и техногенных и природно-техногенных, т. е. сочетающих в себе черты «естественных» процессов и обусловленных антропогенной деятельностью [9].

На основании разработанных прогнозных сценариев появляется возможность проектирования мероприятий, минимизирующих возможные негативные последствия вмешательства человека в ход естественных геоморфологических процессов. Особенно это актуально на территориях активной антропогенной деятельности (например, на участках добычи полезных ископаемых) для разработки комплекса мероприятий для проведения рекультивации земель.

Список литературы

1. Аксаментов Е. Д., Чулков К. И. Экзогенные геологические процессы на территории Кабардино-Балкарской Республики // Информационный бюллетень. Фонды КБРГЭ. Нальчик, 2008. 101 с.
2. Гвоздецкий Н. А. Физическая география Кавказа. Москва: МГУ, 1954. 210 с.
3. Гвоздецкий Н. А., Голубчиков Ю. Н. Горы. Москва: Мысль. 2010. 399 с.
4. Хучунаев Б. М., Дахова О. О., Кереева З. М., Юрченко Н. В. Геоэкологическое состояние Эльбурского района Кабардино-Балкарской Республики // Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий: материалы VII Международной научно-практической конференции (Республика Адыгея, г. Майкоп, 15–19 мая, 2023 г.). Майкоп, 2023. С. 260–265.
5. Дахова О. О. Экогеохимическое состояние аквальных ландшафтов (на примере реки Баксан) // Проблемы региональной экологии. 2022. № 4. С. 58–62.
6. Дахова О. О., Кереева З. М. Анализ современного состояния природной среды Кабардино-Балкарии // Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий: материалы VIII Международной научно-практической конференции. Майкоп, 2025. С. 119–124.
7. Дахова О. О., Татаренко Н. В., Кумыкова А. М. Агроэкологическое состояние почв КБР // Проблемы опустынивания: динамика, оценка, решение: материалы Международной научно-практической конференции (г. Самарканд, Узбекистан, 13–14 декабря 2019 г.). Самарканд, 2019. С. 200–206.
8. Думитрашко Н. В. Кавказ. Природные условия и естественные ресурсы СССР. Москва: Наука, 2001.
9. Житин Ю. Е., Паракневич Т. М. Ландшафтоведение: учебное пособие. Воронеж: ВГАУ, 2003. 218 с.
10. Куракова Л. И. Антропогенные ландшафты. Москва: Изд-во МГУ, 2014. 216 с.
11. Миртова И. А. Общее землеведение: учебно-методическое пособие. Москва: Изд-во МГУТИК, 2006. 65 с.
12. Молчанов Э. Н. Охрана и рациональное использование почвенного покрова горных территорий. Современные проблемы почвоведения. Москва, 2008. С. 618–626.
13. Ульбашев Х. М., Чулков К. И., Нагоева Т. А., Первушина Р. С., Строганова О. И. О состоянии геологической среды на территории КБР // Информационный бюллетень. Нальчик: Каббалгеолком, 2001.
14. Сафронов И. Н. Геоморфология Северного Кавказа. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 2008.
15. Шагин С. И., Дахова О. О., Каирова Л. Л. Опыт районирования территории по экологической нагрузке // Проблемы региональной экологии. 2024. № 4. С. 45–49.
16. Щукин И. С. Общая геоморфология. Москва: Изд-во МГУ, 2011. 616 с.
17. Huchunayev B. M., Dakhova O. O., Bekkiyeva S. A., Hatefova S. B. Impact of the slurry pond of the Turgayuz Tungsten-Molybdenum Complex on the mountain territories environment // Materials Science Forum. 2018. Vol. 931. P. 1070–1075.
18. Uzdanova A. B., Kanametova F. E., Dakhova O. O., Tatarenko N. V., Miskarova R. G., Otarova A. S., Gergokova Z. Zh. Natural risks in the Kabardino-Balkar Republic's landscape zones // IOP Conference Series: materials Science and Engineering. 2019. Vol. 663 (1), iss. 1. P. 1–1.

References

1. Aksamentov E. D., Chulkov K. I. Exogenous geological processes in the territory of the Kabardino-Balkarian Republic. *Newsletter. Fond KBRGE*. Nalchik; 2008:101 (In Russ.).
2. Gvozdeckij N. A. *Physical geography of the Caucasus*. Moscow: Moscow State University; 1954:210 (In Russ.).
3. Gvozdeckij N. A., Golubchikov Yu. N. *Mountains*. Moscow: Mysl Publ.; 2010:399 (In Russ.).
4. Khuchunayev B. M., Dakhova O. O., Kerefova Z. M., Yurchenko N. V. Geocological state of the Elbrus region of the Kabardino-Balkarian Republic. *Fundamental and Applied Aspects of Geology, Geophysics and Geoecology using Modern Information Technologies: materials of the VII International Scientific and Practical Conference (Republic of Adygea, Maykop, May 15–19, 2023)*. Maykop; 2023:260–265 (In Russ.).
5. Dakhova O. O. Ecogeochemical state of water landscapes (on the example of the Baksan River). *Problems of regional ecology*. 2022 ;4:58–62 (In Russ.).
6. Dakhova O. O., Kerefova Z. M. Analysis of the current state of the natural environment of Kabardino-Balkaria. *Fundamental and Applied Aspects of Geology, Geophysics and Geoecology using Modern Information Technologies: materials of the VIII International Scientific and Practical Conference*. Maykop; 2025:119–124 (In Russ.).

7. Dakhova O. O., Tatarenko N. V., Kумыkova A. M. Agroecological state of soils of the Kabardino-Balkarian Republic. *Desertification Problems: Dynamics, Assessment, Solution: materials of the International Scientific and Practical Conference, (December 13–14, 2019, Samarkand, Uzbekistan, 2019)*. Samarkand; 2019:200–206 (In Russ.).
8. Dumitrashko N. V. *Caucasus. Natural conditions and natural resources of the USSR*. Moscow: Nauka Publ., 2001 (In Russ.).
9. Zhitin Yu. E., Parahnevich T. M. *Landscape science: textbook*. Voronezh: VSAU; 2003:218 (In Russ.).
10. Kurakova L. I. *Anthropogenic landscapes*. Moscow: Publishing House of Moscow State University; 2014:216 (In Russ.).
11. Mirtova I. A. *General Geography. Educational and methodological manual*. Moscow: Ed. MGUGiK. 2006 :65 (In Russ.).
12. Molchanov E. N. *Protection and rational use of the soil cover of mountainous territories. Modern problems of soil science*. Moscow: 2008 : 618–626 (In Russ.).
13. Ulbashev H. M., Chulkov K. I., Nagoeva T. A., Pervushina P. C., Stroganova O. I. On the state of the geological environment on the territory of the KBR. *Newsletter*. Nalchik: Kabbalkgeolkom. 2001 (In Russ.).
14. Safronov I. N. *Geomorphology of the North Caucasus*. Rostov-on-Don: Rostov University Publishing House, 2008 (In Russ.).
15. Shagin S. I., Dakhova O. O., Kairova L. L. Experience of zoning the territory according to the environmental load. *Problems of Regional Ecology*. 2024;4:45–49 (In Russ.).
16. Shchukin I. S. *General geomorphology*. Moscow: Publishing House of Moscow State University. 2011 : 616. (In Russ.).
17. Huchunayev B. M., Dakhova O. O., Bekkiyeva S. A., Hatefova S. B. Impact of the slurry pond of the Tyrnyauz Tungsten-Molybdenum Complex on the mountain territories environment. *Materials Science Forum*. 2018;931:1070–1075.
18. Uzdenova A. B., Kanametova F. E., Dakhova O. O., Tatarenko N. V., Miskarova R. G., Otarova A. S., Gergokova Z.Zh. Natural risks in the Kabardino-Balkar Republic's landscape zones. *IOP Conference Series: materials Science and Engineering*. 2019;663(1):1–1.

Информация об авторе

Дахова О. О. – доцент, кандидат географических наук, доцент кафедры биологии, геоэкологии и молекулярно-генетических основ живых систем.

Information about the author

Dakhova O. O. – Associate Professor, PhD in Geography, Associate Professor in the Department of Biology, Geoecology, and Molecular-Genetic Foundations of Living Systems.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 26.11.2025; одобрена после рецензирования 15.12.2025; принята к публикации 25.12.2025.

The article was submitted 26.11.2025; approved after reviewing 15.12.2025; accepted for publication 25.12.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 64–67.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):64–67 (In Russ.).

Научная статья

УДК 911.2

<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.008>

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАДОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ

Кушев Станислав Александрович

Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия

stasuk6@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются современные методы анализа и мониторинга повреждений сельскохозяйственных культур, вызванных градобитиями, с акцентом на использование радиолокационных данных для определения зон зарождения градовых облаков и оценки риска для агроландшафтов. На основе многолетних наблюдений, полученных с метеорологического радиолокатора МРЛ-5 Высокогорного геофизического института, проведен пространственно-временной анализ распределения первого радиозэха градовых ячеек в различных топографических условиях Северного Кавказа. Установлены ключевые районы формирования градовых процессов, их сезонная динамика и связь с орографическими факторами. Результаты исследования позволяют повысить точность прогноза градовой опасности и обоснованность мероприятий по защите сельскохозяйственных угодий.

Ключевые слова: градовые процессы, зоны зарождения облаков, первое радиозэхо, Скалистый хребет, конвективные явления, Северный Кавказ

Для цитирования: Кушев С. А. Пространственно-временные особенности формирования градовых процессов на Северном Кавказе // Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1 (100). С. 64–67. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.008>.

SPATIOTEMPORAL FEATURES OF HAIL PROCESS FORMATION IN THE NORTH CAUCASUS

Stanislav A. Kushchev

Highland Geophysical Institute, Nalchik, Russia

stasuk6@mail.ru

Abstract. The study examines modern methods for assessing and monitoring damage to agricultural crops caused by hail events, focusing on the use of radar data to identify hail cloud genesis zones and evaluate risks to agricultural landscapes. Based on long-term observations obtained from the MRL-5 meteorological radar of the Highland Geophysical Institute, a spatiotemporal analysis of the first radar echo associated with hail cells was conducted across different topographic zones of the North Caucasus. Key hail-formation areas, their seasonal variability, and the influence of orographic factors were identified. The results enhance the accuracy of hail hazard forecasting and support more effective planning of protective measures for agricultural lands.

Keywords: hail processes, cloud genesis zones, first radar echo, Skalisty Ridge, North Caucasus

For citation: Kushchev S. A. Spatiotemporal features of hail process formation in the North Caucasus. *Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):64–67.* <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.008> (In Russ.).

Введение

Кавказский регион относится к территориям Российской Федерации с наибольшей повторяемостью и интенсивностью градовых явлений. Формирование мощных конвективных процессов в данном регионе обусловлено комплексом факторов, включая орографическую неоднородность, значительные абсолютные высоты, повышенные температуры подстилающей поверхности и адвекцию влажосодержащих воздушных масс со стороны Черноморского бассейна. Ежегодная активность конвекции приводит к возникновению опасных метеорологических явлений, в частности сильных градобитий, наносящих значительный ущерб сельскому хозяйству, вплоть до полной гибели посевов и падежа скота.

Например, в 2022 г. ущерб только сельхозпроизводителей от градобития в Краснодарском крае оценивался 160 млн рублей, около половины этой суммы приходится на 16 августа. От градобития частично повреждены сельхозкультуры на площади 3 293 га, что в пересчете на условную 100-процентную гибель составляет 1 413,6 га. Больше всего пострадали такие сельхозкультуры, как кукуруза, соя, гречиха, подсолнечник [1]. Стоит упомянуть градовый процесс 31 мая 2024 г.

в Карачаево-Черкесской Республике с поврежденной площадью 12 903 га, что в пересчете на условную 100-процентную гибель составляет 5 162 га. Все эти облака зародились в высокогорье, набрали силу и нанесли огромный ущерб сельхозугодиям в равнинной части.

Материалы и методы

Для мониторинга распределения ущерба от града по территории сельскохозяйственного землепользования важное значение имеет детальная информация о зонах наиболее вероятного зарождения градовых облаков, траекториях их дальнейшего перемещения и районах, наиболее подверженных интенсивным градобитиям. Наиболее перспективным подходом для решения этих вопросов является проведение многочасовых непрерывных радиолокационных наблюдений грозоградовых процессов с использованием автоматизированных систем сбора, обработки и анализа радиолокационной информации. В связи с этим необходимо проведение районирования центральной части Северного Кавказа по местам зарождения градовых облаков (регистрации первого радиоэха) и анализ географических особенностей выявленных областей [2].

Основу экспериментального материала, используемого в работе, составили данные, полученные с помощью метеорологического радиолокатора МРЛ-5, расположенного на научно-исследовательском полигоне Высокогорного геофизического института (НИП ВГИ).

Результаты и обсуждение

По результатам анализа радиолокационных данных создана интерактивная карта зарождения градовых облаков (рис. 1). Она показывает, что за исследуемый период большая часть градовых процессов сформировалась на северных склонах Скалистого хребта, для наглядности скалистый хребет отмечен на карте черной линией. От зеленой линии на север начинается равнинная зона с высотами подстилающей поверхности до 500 м над уровнем моря. Граница начинается от города Невинномысска, проходит по Большому Ставропольскому каналу, Пятигорью, окаймляет города Баксан и Нальчик и выходит к границе Кабардино-Балкарии и Северной Осетии. Предгорная зона на юге начинается от города Усть-Джегуты и проходит чуть севернее Лесистого хребта, включая в себя крупные административные центры Северо-Кавказского федерального округа.

Точками на карте обозначены места регистрации первого радиоэха, цвет соответствует месяцу зарождения (май – черный, июнь – красный, июль – голубой, август – фиолетовый, сентябрь – желтый).

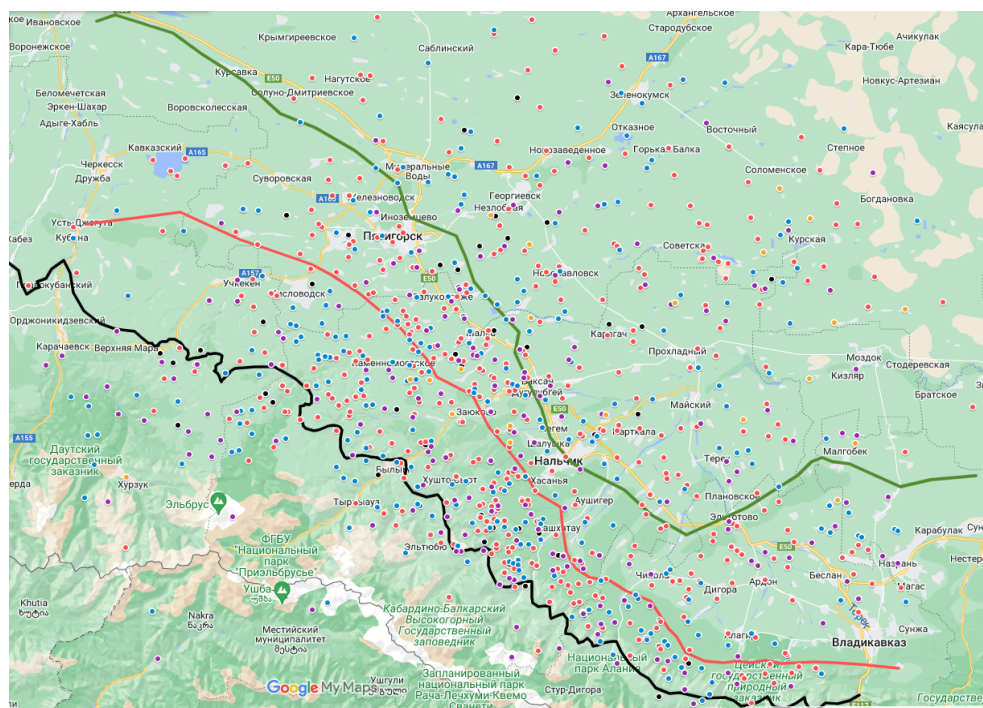


Рисунок 1 – Карта мест зарождения градовых облаков

Рисунок 1 наглядно иллюстрирует, что на равнинной территории концентрация регистрации первого радиоэха облаков меньше, чем в остальных, наблюдается равномерное распределение точек. Преобладание красных точек (июнь) и голубых (июль) указывает на то, что в летние месяцы активность градообразующих облаков на равнине выше.

В предгорьях основной зоной зарождения являются северные склоны Джанальского хребта в Зольском районе Кабардино-Балкарии, в междуречье Малки и Баксана [3]. Хочется отметить, что площадь данной зоны в разы меньше горной и равнинной, но концентрация градовых облаков для такой площади очень плотная. Здесь точки более сконцентрированы, что может быть связано с влиянием орографических факторов, таких как подъем воздуха при столкновении с горными склонами. В этой зоне также заметно больше черных (май) и фиолетовых (август) точек, что свидетельствует о широкой сезонной активности.

Наиболее благоприятными зонами для формирования градовых облаков в центральной части Северного Кавказа являются северные склоны Скалистого хребта [4]. Именно здесь расположены основные максимумы повторяемости регистрации первого радиоэха градовых ячеек. Экспозиция северных склонов Скалистого хребта наиболее благоприятна для термической конвекции при прогреве подстилающей поверхности в летний период. Концентрация точек ниже, чем в предгорьях, но видно, что активность сохраняется даже в сентябре (желтые точки). Это может быть связано с замедлением процессов охлаждения и более продолжительным влиянием летней конвекции. Кроме того, одним из дополнительных факторов для интенсификации начальной конвекции над этими районами является эффект натекания воздушной массы при северном и северо-западном вторжении [5]. Еще одна группа очагов расположена над Пастбищным хребтом (Нижне-Чегемское плато и Шауханское плато) [2]. Стоит отметить, что раньше, по данным исследователей семидесятых-восемидесятых годов прошлого века, очаги зарождения градовых процессов Северного Кавказа были над горными плато в верховьях рек Малки и Кубани (район метеостанций Шиджатмаз и Бермамыт, ежегодно отмечающих до 16 случаев выпадения града) [6], но с изменением климата произошло их смещение.

Исследование зарождения градовых облаков по различным зонам (рис. 2) показывает следующие результаты: в равнинной зоне с 2003 по 2024 г. зародилось 262 градовых облаков, в предгорной зоне – 259, а в горной зоне – 460. Эти данные указывают на то, что горная зона является наиболее активной в плане формирования градовых облаков.

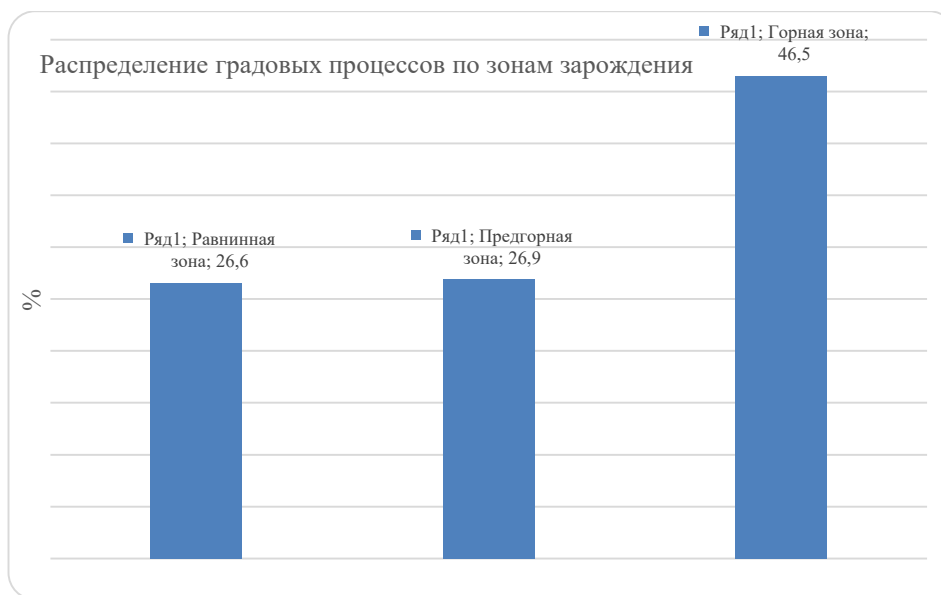


Рисунок 2 – Распределение градовых процессов по зонам зарождения

Равнинные зоны активны преимущественно летом, что делает их уязвимыми к градообразующим процессам в пиковый сезон.

Предгорья являются основной зоной формирования градовых облаков с высокой активностью на протяжении всего теплого периода.

Горные районы играют важную роль в позднелетний и раннеосенний периоды, возможно, из-за остаточных фронтальных процессов.

Выводы

Проведенное исследование показывает, что формирование градовых облаков в центральной части Северного Кавказа определяется сочетанием орографических и термодинамических факторов, при этом наибольшая активность наблюдается над горными зонами, где за период 2003–2024 гг. зарегистрировано 460 случаев зарождения градовых ячеек, что существенно превышает аналогичные показатели предгорий и равнины; выявленные пространственно-временные закономерности позволяют уточнить районы повышенной градоопасности, улучшить прогнозирование опасных процессов и оптимизировать защитные мероприятия в сельском хозяйстве региона.

Список литературы

1. 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.
2. Инюхин В. С., Кушев С. А., Лиев К. Б., Макитов В. С. Радиолокационные исследования распределения зон формирования первого радиозага градовых облаков // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2016. Т. 52, № 6. С. 691–698.
3. Кортава И. Н. Град и повреждения, наносимые им сельскохозяйственным культурам в разные периоды вегетации на территориях Кабардино-Балкарской и Северо-Осетинской АССР // Труды ВГИ. 1969. Вып. 14. С. 254–266.
4. Лиев К. Б., Кушев С. А. Град в центральной части Северного Кавказа // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2023. № 609.
5. Кушев С. А., Шаповалов В. А., Лиев К. Б. О возможности использования комбинированного метода активных воздействий на градовые облака // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 7 (145).
6. Абшаев А. М., Абшаев М. Т., Баркова М. В. и др. Руководство по организации и проведению противорадовых работ. Нальчик: Печатный двор, 2014. 508 с.

References

1. Liev K. B., Kushchev S. A. Modern methods of surveying damage to agricultural plants from hail. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):47–5 (In Russ.).
2. 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 (In Russ.).
3. 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 the High Mountain Geophysical Institute*. 1969;14:254–266 (In Russ.).
4. Liev K. B., Kushchev S. A. Hail in the central part of the North Caucasus. *Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikov*; 2023:609 (In Russ.).
5. Kushchev S. A., Shapovalov V. A., Liev K. B. On the possibility of using a combined method of active influence on hail clouds. *International Research Journal*; 2024:7(145) (In Russ.).
6. Abshaev A. M., Abshaev M. T., Barekova M. V. et al. *Guide to organizing and conducting anti-hail works*. Nalchik: Pechatny dvor Publ.; 2014:508 (In Russ.).

Информация об авторе

Кушев С. А. – младший научный сотрудник отдела активных воздействий.

Information about the author

Kushchev S. A. – Junior Researcher of the Department of Active Effects.

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

Статья поступила в редакцию 24.11.2025; одобрена после рецензирования 25.12.2025; принята к публикации 28.01.2026.

The article was submitted 24.11.2025; approved after reviewing 25.12.2025; accepted for publication 28.01.2026.

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 68–73.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):68–73 (In Russ.).

Научная статья
УДК 574.4/338.26
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.009>

АНАЛИЗ ЭКОСИСТЕМНОГО СЕРВИСА БИОРАЗНООБРАЗИЯ ГЕОСИСТЕМ ООПТ г. МОСКВЫ

Мирсанова Анастасия Анатольевна¹, Гичун Иван Алексеевич², Луговской Александр Михайлович³✉

¹Российский государственный социальный университет, Москва, Россия

²Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

¹a_mirsanova@mail.ru

²gichun_ivan@mail.ru

³alug1961@yandex.ru✉

Аннотация. Изучение популяций многолетнего травянистого вида ветреницы дубравной (*Anemone nemorosa* L.), занесенного в Красную книгу Московской области и Москвы в Приокско-Террасном биосферном заповеднике (ПТЗ) и Битцевском лесу позволяет выявить различия в условиях их существования, формах изоляции и адаптациях к антропогенным и природным факторам с целью анализа причин популяционной дифференциации и их роли в функционировании экосистем. Предлагается проанализировать состояние популяций эфемероида ветреница дубравная в качестве возможного потенциального маркера эффективности предоставления экосистемных услуг на сравниваемых территориях. Исследование подчеркивает необходимость учета специфики биоразнообразия популяций для оценки экосистемных услуг рекреационного и эстетического характера и разработки эффективных стратегий управления особо охраняемыми природными территориями.

Ключевые слова: оценка экосистемного сервиса, популяционные маркеры эффективности экосистемных услуг, экосистемы ООПТ, изоляция популяций

Для цитирования: Мирсанова А. А., Гичун И. А., Луговской А. М. Анализ экосистемного сервиса биоразнообразия геосистем ООПТ г. Москвы // Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1 (100). С. 68–73. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.009>.

ANALYSIS OF THE ECOSYSTEM SERVICE OF BIODIVERSITY OF GEOSYSTEMS OF PROTECTED AREAS OF MOSCOW

Anastasia A. Mirsanova¹, Ivan A. Gichun¹, Alexander M. Lugovskoy³✉

¹Russian State Social University, Moscow, Russia

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

¹a_mirsanova@mail.ru

²gichun_ivan@mail.ru

³alug1961@yandex.ru✉

Abstract. The study of populations of the perennial herbaceous species *Anemone nemorosa* (*Anemone nemorosa* L.), listed in the Red Book of the Moscow Region and Moscow in the Prioksko-Terrasny Biosphere Reserve (PTZ) and Bitsevsky Forest allows us to identify differences in their living conditions, forms of isolation and adaptations to anthropogenic and natural factors in order to analyze the causes of population differentiation and their role in ecosystem functioning. It is proposed to analyze the state of the populations of the ephemeral species *Anemone nemorosa* as a possible potential marker of the effectiveness of the provision of ecosystem services in the compared territories. The study highlights the need to take into account the specific characteristics of biodiversity in populations in order to assess the recreational and aesthetic ecosystem services and develop effective management strategies for protected natural areas.

Keywords: assessment of ecosystem services, population markers of the effectiveness of ecosystem services, ecosystems

For citation: Mirsanova A. A., Gichun I. A., Lugovskoy A. M. Analysis of the ecosystem service of biodiversity of geosystems of protected areas of Moscow. *Geology, Geography and Global Energy*. 2026;1(100):68–73. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.009> (In Russ.).

Введение

Ветреница дубравная (*Anemone nemorosa* L.) – многолетний травянистый вид, занесенный в Красную книгу Московской области и Москвы. Важное отличие этого вида заключается в том, что в естественных условиях он зацветает не ранее чем на десятый год жизни, что делает его популяции в значительной мере зависимыми от стабильности условий местообитания, что делает изучение распространения данного вида и его роли в общем многообразии экосистемы

весьма актуальным. Его существование зависит от насекомых опылителей в качестве обратной связи, определяя их количество. Являясь свето- и влаголюбивым лесным видом, относится к типичным эфемероидам, делая лесные насаждения привлекательными для рекреантов в ранневесенний период времени.

Анализ экосистемного сервиса биоразнообразия проводился на примере дифференциации популяций ветреницы *Anemone nemorosa* и их роли в функционировании экосистем. Состояние популяций эфемероида ветреница дубравная в качестве потенциального маркера эффективности предоставления экосистемных услуг рекреационного и эстетического характера на сравниваемых территориях имеет большое значение. ООПТ Московской агломерации играют важную роль в смягчении эффекта теплового острова и поддержании качества водных ресурсов. Особо охраняемые природные территории (ООПТ) являются важнейшими донорами экосистемных услуг. Следует особо отметить, что ООПТ предоставляют большую часть экосистемных услуг категории «регулирующие экосистемные услуги», такие как регулирование погодных условий, в особенности микроклимата, и способствование очищению воды и воздуха. В то же время жители агломерации испытывают все возрастающую потребность в получении экосистемных услуг. В Московском регионе ярко выражен социальный запрос на экосистемные услуги, оказывающие воздействие на качество среды проживания.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования выступала ветреница дубравная (*Anemone nemorosa* L.), типичный лесной эфемероид, чувствительный к изменениям среды. Сравнительный анализ популяций *Anemone nemorosa* L. в Приокско-Террасном биосферном заповеднике им. М.А. Заблоцкого (Московская обл.) и на особо охраняемой зеленой территории (ранее природно-исторический парк) «Битцевский лес» (г. Москва) как формы изоляции и факторов для осуществления экосистемного сервиса проводился путем оценки экосистемных услуг.

В качестве методов исследования были применены метод анализа литературных данных, анализ картографических материалов, метод геоботанического описания и оценки антропогенного прессинга.

Пробные площадки были заложены в Серпуховском районе Московской области на южной границе Приокско-террасного заповедника в зоне хвойно-широколиственных лесов в непосредственной близости от пунктов Сушки, Родники и Данки.

Битцевский лес как природно-исторический лесопарк в черте Москвы с высокой рекреационной нагрузкой в настоящий момент потерял статус ООПТ и является «особо охраняемой зеленой территорией», что потенциально может привести к еще более активному антропогенному прессингу. Обширные пейзажные парки усадеб долгие годы были заброшенными, однако сохраняется ландшафт, полностью антропогенно преобразованный. В период с 2020 по 2023 г. было произведено частичное благоустройство ПИП, в результате была значительно расширена дорожно-тропиночная сеть, установлено освещение. Наблюдения показали, что ветреница дубравная чаще исчезает на тропинках и в их непосредственных окрестностях в зонах предельного вытаптывания, где были заложены пробные площадки для оценки структуры экосистемного сервиса.

В Московской области популяции ветреницы дубравной приурочены к ельникам и лесам с участием ели, реже встречаются в дубяках и ольшаниках, в массе произрастают на оползневых террасах в верховьях реки Москвы. В Москве вид найден в снытевых и зеленчуковых липняках с дубом и березой, на границе липняка и сырого березняка с елью, в сероольшаниках, ивняке на месте огородов, осиннике, в большом числе найден на оползневых террасах р. Москвы, но чаще растет на плоских водоразделах. В большинстве точек, безусловно, высажен человеком, но в природных местообитаниях вид за многие годы натурализовался. Естественное происхождение, возможно, имеет популяция в Сосновке на крутом склоне долины р. Москвы.

Изучение популяций этого вида в Приокско-Террасном биосферном заповеднике (ПТЗ) и природно-историческом парке «Битцевский лес» позволяет выявить различия в условиях их существования, формах изоляции и адаптациях к антропогенным и природным факторам. Также, что крайне важно, дифференциацию популяций можно рассмотреть с точки зрения роли данного эфемероида в оказании экосистемных услуг.

Особо охраняемые природные территории Московской агломерации как объект исследования представляют особую ценность в контексте оценки этих услуг. Современная агломерация Москвы и Подмосковья является крупнейшей агломерацией в стране и крупнейшим сосредоточением урбанизированных ландшафтов, максимально измененных человеком экосистем. Москва и Московская область в значительной степени заполнены так называемой «серой инфраструктурой», которая характеризуется плотной застройкой, наличием дорожного покрытия, минимальным количеством естественных ландшафтов и сниженным биоразнообразием.

Результаты и обсуждение

Анализ различий популяций двух выделенных нами полигонов исследований состоит в следующем:

1. Почвенные условия в ПТЗ создают выше дренаж, чем в Битцевском лесу, что благоприятствует раннему цветению, тогда как уплотнение почвы замедляет вегетацию.

2. Микроклимат в связи с урбанизацией вблизи Битцевского леса повышает температуру воздуха на 1–2 °С, сокращая период цветения по сравнению с ПТЗ.

3. Биотические взаимодействия в ПТЗ выражены стабильной численностью опылителей (шмели, пчелы) по сравнению с Битцевским лесом, где их активность снижена из-за фрагментации местообитания.

3. Значение для экосистем ПТЗ состоит в том, что популяция ветреницы поддерживает биоразнообразие ранневесенних эфемероидов, участвуя в почвообразовании и питании насекомых. В Битцевском лесу вид выступает индикатором антропогенного стресса, сигнализирующем о деградации лесных сообществ сокращением его численности наряду с рядом других эфемероидов.

4. Природопользование и диагностика среды состоит в том, что в ПТЗ мониторинг популяций эфемероидов входит в число индикаторов для оценки эффективности охранных мер. В Битцевском лесу состояние *A. nemorosa* отражает успешность мероприятий по снижению рекреационной нагрузки. Например, организация дорожно-тропиночной сети, установка аншлагов с просветительскими материалами. Следует отметить, что в Битцевском лесу ввиду негативных особенностей организации охраны практически никак не регулируется сбор эфемероидов населением. Ветреница, по данным ГБПУ «Мосприрода», не входит в топ-3 наиболее «остребованных» среди населения эфемероидов, тем не менее нарушители охранного режима периодически собирают ее цветы, зачастую повреждая корневую систему растений.

Для оценки экосистемного сервиса биоразнообразия в экологических последствиях надо выделить несколько ключевых аспектов: снижение биоразнообразия, изменение почвенных процессов, нарушение гидрологического режима, ущерб опылителям, снижение эстетической привлекательности. Для каждого аспекта нужно привести конкретные механизмы воздействия, а денежную оценку стоит представить через методологию экосистемных услуг, используя стандартные подходы как стоимость утраченных услуг. Важно подчеркнуть, что это моделирование, с использованием усредненных цифр из разных источников данных – отчетов Минприроды, исследований РАН, базы данных экологических услуг.

Последствия носят каскадный характер: от ослабления популяций опылителей до упрощения всей экосистемы и снижения ее устойчивости. Борьба с последствиями требует не восстановления одного вида, а комплексного управления лесными сообществами заповедника (например, проведение осторожных выборочных рубок для освещения, регулирование численности копытных, снижение рекреационной нагрузки) для восстановления утраченных экологических связей.

Оценка экосистемной услуги потери конкретного вида, такого как ветреница дубравная, – в денежном эквиваленте задача сложная, требующая комбинации методов, так как вид предоставляет несколько услуг одновременно. Оценочная стоимость складывается из прямой стоимости, включающей измеримые выгоды и стоимости существования, отражающей ценность факта существования вида без учета полезности для человека.

Модель пошаговой методики может включать следующие этапы оценки:

1. Идентификация утраченных экосистемных услуг. На этом этапе определяем перечень услуг, теряемых с исчезновением ветреницы: а) регулирующая услуга: поддержание популяций опылителей (ранневесенний ресурс); б) обеспечивающая услуга: участие в формировании почвы и предотвращении эрозии; в) культурная услуга: эстетическая ценность («весенний аспект» леса); г) рекреационная ценность (люди приезжают в лес, в том числе чтобы увидеть цветущие поляны); д) образовательная и научная ценность (как объект для исследований и просвещения); е) поддерживающая услуга: поддержание общего биоразнообразия и устойчивости экосистемы.

2. Выбор методов денежной оценки для каждой услуги:

а) оценка услуги опыления (регулирующая услуга) может быть произведена методом стоимости упущенной выгоды и методом затрат на замену. Метод стоимости упущенной выгоды определяет уровень снижения эффективности через оценку опыления других растений в лесу из-за ослабления популяции опылителей. Затем оцениваем потенциальные потери в биопродуктивности растений, зависящих от тех же опылителей.

Метод затрат на замену оценивает затраты на создание искусственной пасеки для компенсации потери ранневесеннего взятка для пчел.

Формула расчета ущерба опыления будет равна произведению снижения урожайности ягод (кг/га) на площадь леса (га) и рыночной цены ягод (руб./кг);

б) оценка услуги формирования почвы (обеспечивающая услуга) производится методом затрат на восстановление, определяющим, насколько возрастает риск эрозии почвы без корневой системы ветреницы. Считаем стоимость мероприятий по предотвращению эрозии с помощью расчета стоимости закрепления грунта другими растениями как ущерб почвы путем произведения стоимости рекультивации 1 га земли в руб/га на площадь деградировавшей территории (га) и коэффициента участия ветреницы (например, 0,05);

в) оценка культурных услуг (эстетическая и рекреационная ценность) определяет самую значительную часть ущерба для заповедника. Один из методов оценки состоит в анализе денежной суммы и временных затрат рекреантов, чтобы приехать и увидеть цветущие весенние леса, частью которых является и создает эту ценность и ветреница, – метод транспортно-путевых затрат. Для этого проводится опрос посетителей заповедника: откуда они приехали, на что потратились. Если ветреница исчезнет, часть посетителей может перестать приезжать, и эта сумма будет потеряна для локальной экономики.

Метод условной оценки (опрос «Готовность платить» – WTP) является ключевым для оценки стоимости существования путем использования опросных листов, дающих ответы на вопросы: какую сумму вы были бы готовы ежегодно перечислять в виде пожертвования, чтобы сохранить цветущие поляны ветреницы в заповеднике? Какую компенсацию вы потребовали бы за безвозвратную утрату этого вида в заповеднике?

Расчет культурного ущерба состоит в произведении среднего объема затрат человека на численность релевантного населения. Например, если 10 000 человек готовы платить по 100 руб. в год, годовой ущерб составляет 1 млн руб.;

г) оценка научной и образовательной ценности состоит в методе затрат путем подсчета бюджета научных грантов, направленных на изучение этого вида или экосистемы, в которой он был ключевым (табл.).

Возможна оценка стоимости образовательных программ для студентов и исследователей, которые не будут реализованы при потере этого наглядного объекта.

Таблица – Пример сводного расчета для территории в 100 га

Статья ущерба	Метод оценки	Ориентировочная годовая стоимость, руб.	Комментарий
Потеря услуги опыления	Стоимость упущенной выгоды	50 000	Незначительная для леса, но существующая
Ускорение эрозии почв	Затраты на восстановление	100 000	Трудно оценить существующий вклад одного вида
Падение рекреационной привлекательности	Транспортно-путевые затраты	500 000	Часть туристов перестанет приезжать весной
Эстетическая и моральная ценность (стоимость существования)	Условная оценка (WTP)	2 000 000	Наибольшая и самая важная часть ущерба
Научная и образовательная ценность	Затратный метод	250 000	Потеря объекта для мониторинга и просвещения
ИТОГО (ежегодный ущерб)		~ 2,9 млн рублей	

При монетизации экосистемных услуг необходимо учитывать объективные сложности, возникающие в результате синергетического эффекта: реальный ущерб больше суммы отдельных частей, так как исчезновение вида запускает цепную реакцию в экосистеме в результате необратимости утраты генетического фонда и вида как элемента биоразнообразия. Никакие денежные вложения не могут его восстановить. При этом проблема состоит в том, что официальные методики в РФ, в том числе и метод исчисления вреда, часто оценивают такие виды в десятки тысяч рублей, что не отражает их реальной ценности. Ветреница не является охотничьим или промысловым ресурсом, поэтому по существующим таксационным оценкам ее стоимость ничтожна. Однако для ООПТ утрата любого аборигенного вида является уроном самой идее эталонной территории, и природоохранный ущерб невозможно выразить в деньгах.

Таким образом, оценка услуги потери ветреницы дубравной в денежном эквиваленте возможна, и ее величина будет определяться в основном ее культурной и моральной ценностью

в форме оценки стоимости существования, оцениваемой через метод условной оценки. Все остальные статьи ущерба (почва, опыление) являются косвенными. Такой расчет наглядно показывает, что ценность природы ограничивается не только прямой материальной выгодой, но и внеэкономическими доходами.

Анализ структуры экосистемного сервиса показывает:

1. ПТЗ – участие вида в поддержании биоразнообразия усиливает регулирующие услуги (опыление, круговорот питательных веществ). Стабильность численности эфемероидов обеспечивается за счет строгого режима охраны и делает данный тип растительности полноценным участником экосистемных процессов. При этом ввиду ограниченного допуска населения к популяциям эфемероидов культурные и образовательные экосистемные услуги чаще оказываются косвенно, через фото- и видеофиксацию цветения, которую затем пользователи видят в социальных сетях, на эколого-просветительских мероприятиях. Однако имеются и кейсы ограниченного прямого вовлечения *A. nemorosa* в культурные и образовательные экосистемные услуги через фотокроссы, научные исследования юннатов и т. д. Происходит это под контролем сотрудников заповедника, что снижает антропогенную нагрузку.

2. Битцевский лес – эстетическая ценность *A. nemorosa* важна для рекреационных услуг, но снижение численности вида, равно как и численности других эфемероидов, из-за антропогенного воздействия ограничивает культурный, рекреационный и образовательный потенциал. ГБПУ «Мосприрода» также проводит фотокроссы, лекции о первоцветах и т. д. Однако фактическое отсутствие реального контроля охранного режима делает экопросветительскую работу малоэффективной. Кроме того, следует отметить, что перевод ПИП «Битцевский лес» вместе с другими ООПТ г. Москвы в категорию «особо охраняемых зеленых территорий» может еще более усилить антропогенный прессинг, что приведет к прогрессирующей деградации местобитаний эфемероидов и их дальнейшему снижению численности.

Заключение

Популяции *A. nemorosa* в ПТЗ и Битцевском лесу демонстрируют адаптацию к разным условиям, обусловленную географической и экологической изоляцией. Их изучение подчеркивает необходимость дифференцированного подхода к охране: в ПТЗ – сохранение естественных процессов, в Битцевском лесу – регулирование рекреации. Сохранение вида важно для поддержания уровня культурных, рекреационных, образовательных экосистемных услуг, особенно в урбанизированных ландшафтах.

Доступность данных экосистемных услуг в значительной мере зависит от устойчивости и сохранности биоразнообразия на ООПТ региона. ООПТ благодаря флористическому разнообразию являются наиболее ценной частью так называемой зеленой инфраструктуры региона, составляющей альтернативу вышеупомянутой «серой» инфраструктуре. Эфемероиды, как показали наши предварительные изыскания, могут выступать одним из маркеров эффективности и доступности для населения культурных услуг ООПТ, которые включают развлечения и рекреацию (прогулки, отдых на площадках и пр.), чувственное восприятие природы, эстетическое наслаждение, физическое (прямое) использование ландшафта для других назначений. Дело в том, что эфемероиды являются субъективно заметной частью флористического разнообразия, которую способны оценить даже те посетители, не являющиеся профессиональными ботаниками и экологами.

Список литературы

1. Аблеев М. Х. Некоторые материалы по истории ПТБЗ // Рукопись в библиотеке Приокско-Террасного заповедника. 1996. Инв. 249.
2. Алексеев Ю. Е., Антонова Е. М., Бейко В. Б. и др. Красная книга Московской области / отв. ред. Т. И. Варлыгина. Изд. 3-е, перераб. и доп. Москва: Верховье, 2018. 809 с.
3. Смирнов П. С. Флора Приокско-террасного государственного заповедника: список растений, сбор и зарегистрированных в окрестностях с. Лужки на р. Оке Московской области. Москва, 1958. 245 с.
4. Полякова Г. А., Меланхолин П. Н. Проблемы сохранения редких видов природного парка «Битцевский лес» // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2007. № 19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-sohraneniya-redkih-vidov-prirodnogo-parka-bitsevskiy-les> (дата обращения: 28.11.2025).
5. Семенюк О. В., Бодров К. С., Стома Г. В., Яковлев А. С. Оценка стоимости экосистемных услуг природного парка «Битцевский лес» // Вестник Московского университета. Серия: 17. Почвоведение. 2019. № 3. С. 23–29.
6. Синцов А. В., Бармин А. Н., Васильев А. Ю., Синцова Н. В. Современный анализ динамики площади земель населенных пунктов Южного федерального округа // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 4 (95). С. 112–122.
7. Чикин А. Ю., Луговской А. М., Межова Л. А. Геоэкологическая оценка влияния промышленно-транспортных зон на объекты природно-культурного наследия в природно-историческом парке «Битцевский лес» // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 2 (97). С. 116–122.

8. 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.

9. 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.

References

1. Ableev M. Kh. Some materials on the history of the PTBZ. *Manuscript in the library of the Prioksko-Terrasny Nature Reserve*. 1996. Inv. 249 (In Russ.).

2. Alekseev Yu. E., Antonova E. M., Beiko V. B. et al. *The Red Book of the Moscow*. 3rd edition, revised and expanded and add. Moscow: Verkhovye; 2018:809 (In Russ.).

3. Smirnov P. S. Flora of the Prioksko-Terrasny State Nature Reserve: List of Plants, *Collection and Registration in the Vicinity of the Village of Luzhki on the Oka River, Moscow Region*. Moscow; 1958:245 (In Russ.).

4. Polyakova G. A., Melankholin P. N. Problems of Preservation of Rare Species in the Bitsevsky Forest Natural Park. *Actual Problems of the Forestry Complex*; 2007:19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemny-sohraneniya-redkih-vidov-prirodnogo-parka-bitsevskiy-les> (accessed 28.11.2025) (In Russ.).

5. Semenyuk O. V., Bodrov K. S., Stoma G. V., Yakovlev A. S. Assessment of the Value of Ecosystem Services in the Bittsevsky Forest Natural Park. *Vestnik Moscow University*. Ser.: 17. Soil Science. 2019;3:23–29 (In Russ.).

6. Sintsov A. V., Barmin A. N., Vasilyev A. Yu., Sintsov N. V. Modern analysis of the dynamics of the area of settlements in the Southern Federal District. *Geology, geography and global energy*. 2024;4(95):112–122 (In Russ.).

7. Chikin A. Yu., Lugovskoy A. M., Mezхова L. A. Geocological assessment of the impact of industrial and transport zones on natural and cultural heritage sites in the Bytsevo Forest Natural and Historical Park. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;2(97):116–122 (In Russ.).

8. Chikin A. Yu., Lugovskoy A. M., Mezхова L. A. Methodological approaches to the assessment of the restoration of garden and park landscapes as objects of natural and cultural heritage. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):68–72 (In Russ.).

9. 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 (In Russ.).

Информация об авторах

Мирсанова А. А. – аспирант;

Гичун И. А. – аспирант;

Луговской А. М. – доктор географических наук, профессор кафедры географии.

Information about the authors

Mirsanova A. A. – postgraduate student;

Gichun I. A. – postgraduate student;

Lugovskoy A. M. – Doctor of Sciences (Geographical), Professor of the Department of Geography.

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

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 02.12.2025; одобрена после рецензирования 18.12.2025; принята к публикации 29.12.2025.

The article was submitted 02.12.2025; approved after reviewing 18.12.2025; accepted for publication 29.12.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 74–80.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):74–80 (In Russ.).

Научная статья
УДК 502.4
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.010>

**АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЗЕЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
НА ПРИМЕРЕ МОСКОВСКОГО УРБАНИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА**

Иванова Елена Юрьевна^{1✉}, Моро Платон Николаевич²
Государственный университет просвещения, Мытищи, Россия
¹ivelena2010@mail.ru
²pn.mo238@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена анализу динамики сокращения зеленых территорий города Москвы за период с 2020 по 2024 г. Объектом анализа выбраны зеленые территории города Москвы. Предметом анализа стала взаимосвязь затрат на охрану окружающей среды с градостроительной политикой. В данной работе произведен анализ антропогенной нагрузки на зеленые территории Москвы с помощью интегрального индекса. Полученные результаты демонстрируют устойчивую тенденцию сокращения зеленых зон: площадь зеленых зон в городской черте снизилась на 12,9 % при росте площади застроенных территорий на 7,6 %. Используемая методика опирается на принципы, изложенные в статье В. Л. Бабурина и Г. И. Гладкевич «Изменение функции места и территориальные конфликты (на примере Боровского района Калужской области)», адаптированные для анализа городских экосистем города Москвы.

Ключевые слова: зеленые территории, особо охраняемые природные территории, антропогенная нагрузка, урбанизация, городская экология

Для цитирования: Иванова Е. Ю., Моро П. Н. Анализ динамики зеленых территорий на примере Московского урбанистического центра // Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 74–80. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.010>.

**ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF GREEN TERRITORIES
ON THE EXAMPLE OF THE MOSCOW URBANISTIC CENTER**

Elena Yu. Ivanova^{1✉}, Platon N. Moro²
State University of Education, Mytishchi, Russia
¹ivelena2010@mail.ru
²pn.mo238@gmail.com

Abstract. This article describes the dynamics of green space decline in Moscow from 2020 to 2024. The analysis focuses on Moscow's green spaces, examining the relationship between environmental protection expenditures and urban development policy. This article describes analysis of the anthropogenic load on Moscow's green spaces using an integrated index. The obtained results demonstrate a consistent trend of green space decline: the area of green spaces within the city limits decreased by 12.9 %, while the area of built-up areas increased by 7.6 %. The methodology used is based on the principles outlined in the article by V. L. Baburin and G. I. Gladkevich, «Changing Place Function and Territorial Conflicts (Borovsky District of the Kaluga Region as an example)», adapted for the analysis of Moscow's urban ecosystems.

Keywords: green areas, specially protected natural areas, anthropogenic impact on the environment, urbanization, urban ecology

For citation: Ivanova E. Yu., Moro P. N. Analysis of the dynamics of green territories on the example of the Moscow Urban Center. *Geology, Geography and Global Energy.* 2026;1(100):74–80. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.010> (In Russ.).

Введение

Зеленые территории города представляют собой важнейший компонент городской среды, обеспечивая поддержание экологического баланса, сохранение биоразнообразия, регулирование микроклимата, рекреационную и эстетическую функцию. В условиях урбанизации и роста жилищного строительства зеленые зоны испытывают значительное антропогенное давление, что приводит к их сокращению и деградации. Динамика изменения площади зеленых насаждений, особенно в крупных мегаполисах, является индикатором устойчивости городской экосистемы и эффективности градостроительной политики [1, 2, 3].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью анализа взаимодействия процессов урбанизации с состоянием зеленых территорий Москвы в период с 2020 по 2024 г., когда планирование городской инфраструктуры подверглось активному пересмотру, а реконструкция и реабилитация парков сопровождалась внедрением антропогенных элементов. Несмотря на наличие исследований по сохранению и восстановлению зеленых зон, большинство из них рассматривает проблему с точки зрения биологии, не учитывая комплексного геоэкологического анализа. В этой статье сделан упор на системное исследование территории с позиции ее экологической и градостроительной функции.

Целью исследования является выявление тенденций сокращения зеленых территорий города Москвы, количественная оценка антропогенной нагрузки и формирование показателей дисбаланса. Научная новизна работы заключается в комплексном применении геоэкологических индексов для анализа городских зеленых зон с учетом градостроительных факторов, что расширяет существующую практику исследований, ориентированную преимущественно на исследования в сферах, смежных с биологией. Полученные результаты могут быть использованы для мониторинга состояния зеленых территорий, планирования городского развития и выработки мероприятий по сохранению экологического баланса в мегаполисе.

Объектом исследования являются зеленые территории города Москвы, включая территории Троицкого и Новомосковского административных округов (ТиНАО). Предмет исследования – взаимосвязь эксплуатационных затрат на охрану окружающей среды, количественных показателей изменения площади зеленых насаждений, особо охраняемых природных территорий, застроенных земель и жилого фонда с градостроительной динамикой.

Материалы и методы

Под зелеными территориями понимаются городские пространства, покрытые растительностью, включая парки, скверы, бульвары, сады, лесопарки, а также другие природные и искусственно созданные насаждения, выполняющие экологические, рекреационные, эстетические и социальные функции. В современной городской экологии зеленые территории рассматриваются как ключевой элемент поддержания экологической устойчивости и качества городской среды, поскольку они способствуют регуляции микроклимата, уменьшению шумового и пылевого загрязнения, сохранению биоразнообразия и созданию комфортных условий для рекреации [2].

В российской законодательческой практике о статусе и назначении городских зеленых территорий наблюдается заметное расхождение терминологических и методических подходов, что особенно проявляется и в правовом регулировании, и в прикладных схемах планирования. Так, нормативно-технический свод правил по парковой практике подчеркивает природно-территориальную основу и взаимосвязь элементов «зеленого каркаса» как обязательное условие проектирования и благоустройства (СП 475.1325800.2020 «Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства») [4]. В то же время недавно принятый региональный регламент в Москве (Закон г. Москвы № 27 «Об охране и использовании зеленого фонда в городе Москве») формулирует определение «зеленого каркаса» преимущественно через совокупность охраняемых и значимых зеленых участков, делая акцент на доступности и многофункциональности территорий, при этом не давая сведений и инструментов для количественной оценки экосистемной связанности как пространственной характеристики [5].

Методологическое последствие этих терминологических расхождений заключается в том, что одни и те же территориальные изменения могут быть интерпретированы по-разному. Так, формальный учет «зеленого фонда» даст статистически иное представление о тенденциях, нежели анализ, ориентированный на пространственную связность и ландшафтную целостность, что непосредственно влияет на результаты количественных исследований [6, 7]. Корреляционный анализ продемонстрировал устойчивую отрицательную связь между ростом площадей жилого фонда и застроенных земель и сокращением суммарной площади зеленых насаждений особо охраняемых природных территорий, что указывает на системную деградацию функциональной неоднородности и целостности «зеленого каркаса» [8]. Такой интегрированный подход на стыке нормативной привязки и научной методики обеспечивает сопоставимость статистики в далеких друг от друга разных сферах учета.

Без понимания сущностных различий между категориями зеленых территорий и выявив методологические расхождения в их правовой и научной трактовке, невозможно было бы провести количественную оценку фактических изменений, происходящих в зеленом фонде Москвы в 2020–2024 гг. Учитывая выявленные ранее проблемы терминологической неоднородности и отсутствие единых индикаторов пространственной связности зеленых территорий, данное исследование опирается на набор унифицированных статистических параметров, позволяющих объективно характеризовать динамику трансформации городской природной среды [6, 9]. Для решения поставленных задач была разработана методика расчетных показателей, направленная на оценку антропогенной нагрузки, выявление степени экологического дисбаланса и установление связи между сокращением зеленых территорий и интенсификацией градостроительной деятельности.

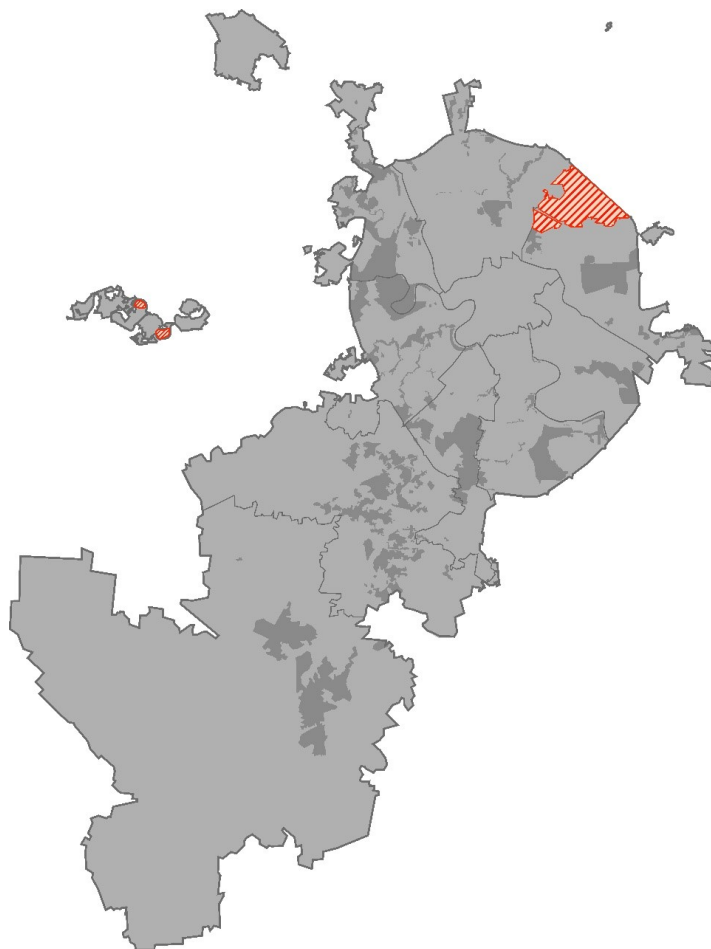


Рисунок – Картограмма ООПТ в 2023 и 2024 гг.

Условные обозначения: темно-серым отмечены территории ООПТ в составе города Москвы в 2023 г.; красным отмечены ООПТ, оставшиеся на конец 2024 г.

Методика оценки антропогенной нагрузки включает расчетный метод, обеспечивающий обоснованность полученных результатов. Основу расчетов составляет расчет индекса антропогенной нагрузки и коэффициента экологического дисбаланса [6].

Индекс антропогенной нагрузки определяется как отношение техногенной составляющей (рост жилищного фонда и расширение застроенных территорий) к совокупной экологической составляющей (зеленые насаждения и ООПТ):

$$IN = \frac{L + B}{G + OO}$$

Числитель показывает объем жилой и строительной нагрузки, знаменатель – объем экологически значимых площадей, способных компенсировать антропогенное воздействие, где:

G – площадь зеленых насаждений, га;

OO – площадь особо охраняемых природных территорий, га;

L – площадь жилищного фонда (как показатель масштаба жилищного строительства), га;

B – площадь застроенных земель, га.

Коэффициент (K) экологического дисбаланса определяется как произведение индекса антропогенной нагрузки и величины, обратной нормированным затратам:

$$K = IN \cdot (1 - Ne)$$

E – эксплуатационные затраты на охрану окружающей среды.

Ne – расчет нормированного значения затрат, который производится по методу линейного масштабирования:

$$Ne = \frac{E}{\max(E)}$$

Год с максимальными затратами на экологию получает значение 1, остальные – дробные значения в интервале (0,1), поэтому индекс антропогенной нагрузки (IN) отражает реальную строительную нагрузку, а $(1 - Ne)$ отражает относительную недостаточность компенсирующих экологических мер.

Пример расчета для 2020 г.:

$$K(2020) = 1,4274 \cdot (1 - 0,7076) = 0,4174.$$

Индекс антропогенной нагрузки (IN) показывает рост нагрузки из-за увеличения площади жилищного фонда (L) и площади застроенных земель (B) при одновременном сокращении площади зеленых насаждений (G) и площади особо охраняемых природных территорий (OO).

Формула коэффициента (K) экологического дисбаланса показывает, что даже при росте эксплуатационных затрат на охрану окружающей среды (E) экологический баланс не восстанавливается, если площадь зеленых насаждений (G) и площадь особо охраняемых природных территорий (OO) падают быстрее, чем увеличиваются экологические расходы.

В 2024 г. нормированное значение затрат (Ne) равно 1, поэтому

$$K(2024) = 2,00808429 \cdot (1 - 1) = 0.$$

Фактически – это эффект нормирования, а не реальное восстановление экологического равновесия.

Результаты и обсуждение

Особо охраняемые природные территории в городской среде подвергаются трансформации, обусловленной как градостроительной потребностями, так и рекреационно-ландшафтными практиками. В последние годы ведется активная реабилитация парков, заключающаяся в комплексной перестройке их ландшафтной с интеграцией антропогенных элементов, что, безусловно, выгодно в условиях активной застройки вокруг парковых зон, поскольку повышает стоимость такой застройки. Подобное вмешательство сопровождается замещением естественных растительных сообществ искусственными насаждениями, что снижает пригодность территорий для сохранения редких видов флоры и фауны и приводит к утрате природной ценности. Комплекс вмешательств в природные экосистемы является составной частью антропогенной нагрузки.

Таблица 1 – Расчет индекса антропогенной нагрузки

Год	Площадь жилищного фонда, га	Площадь застроенных земель, га	Площадь зеленых насаждений, га	Площадь ООПТ, га	Индекс антропогенной нагрузки
2020	24 770	182 568	125 296	19 955,2	1,427444317
2021	28 230	185 760	123 099	20 172,9	1,49359365
2022	28 610	184 993	91 604	20 172,9	1,910976239
2023	29 130	189 494	113 435	20 272,3	1,63509397
2024	29 500	196 538	109 063	3 501	2,00808429

В таблице 1 показаны результаты расчета антропогенной нагрузки за период с 2020 по 2024 г. Расчет выявил устойчивую тенденцию к нарастанию давления застройки на зеленые территории Москвы. В 2020 г. значение индекса составило 1,43, что уже превышает пороговое значение – 1, указывающее на дисбаланс между развитием жилой и строительной сферой и площадью природных территорий. В последующие годы наблюдается дальнейший рост индекса.

Динамика индекса отражает последовательное увеличение площади жилищного фонда. Сокращение площади особо охраняемых природных территорий в 2024 г. до 3501 гектар также фиксируется в этом расчете. Полученные результаты указывают на переход от состояния умеренного экологического напряжения, характерного для 2020–2021 гг., к выраженному экологическому дисбалансу в 2022–2024 гг. Устойчивый рост индекса отражает сдвиг в приоритетах градостроительной политики в сторону приоритета жилищного строительства, что усиливает уязвимость городских экосистем и снижает их способность к восстановлению.

Приведенный расчет коэффициента экологического дисбаланса позволяет оценить степень компенсаторных механизмов городской экологической политики. Так, значение 0,42 характеризует умеренный дисбаланс между застройкой и мерами по поддержанию экологического равновесия. В 2021 г. коэффициент возрастает до 0,60, что связано с ростом затрат на охрану окружающей среды, однако общий уровень дисбаланса остается высоким.

Таблица 2 – Расчет коэффициента экологического дисбаланса

Год	Индекс антропогенной нагрузки	Нормированные затраты на окружающую среду	Коэффициент экологического дисбаланса
2020	1,427444317	0,707618916	0,417357717
2021	1,49359365	0,59799274	0,600435491
2022	1,910976239	0,725603632	0,524364939
2023	1,63509397	0,957201721	0,069979208
2024	2,00808429	1	0

Снижение коэффициента до 0,07 в 2023 г. объясняется максимальным значением нормированного показателя затрат – 0,96. К 2024 г. коэффициент достигает минимального уровня – 0, так как затраты достигают значения, при котором полностью нивелируется эффект антропогенной нагрузки. Нулевое значение коэффициента отражает, что доля затрат на охрану окружающей среды достигла максимума внутри рассматриваемого периода, при этом фактические площади охраняемых территорий достигли минимальных значений.

Совокупная динамика индекса антропогенной нагрузки и коэффициента экологического дисбаланса позволяет сделать вывод о том, что значение компенсаторного эффекта экологической политики минимально. Полученные результаты также подтверждают представления В. Л. Бабурина и Г. И. Гладкевич о смене функций места под воздействием инновационных и градостроительных процессов, сопровождающейся территориальными конфликтами в рамках геоэкологии и вытеснением природных функций урбанистическими в рамках современного развития города [10].

Тенденция включения зеленых территорий, ранее обладавших природоохранным статусом, путем изменения их функционального назначения в роль продвигания жилищного строительства тоже находит отражение в представлениях о смене функций места. На фоне растущей антропогенной нагрузки в Москве активно развивается практика проектирования жилых комплексов, позиционируемых как «расположенные у леса». К наиболее характерным примерам относятся жилые комплексы «Сказочный лес», «Средневский лес», а также проекты группы «Level». Такая маркетинговая стратегия способствует коммерциализации представлений о природной среде и формирует иллюзию экологичности жилья, тогда как сопровождается фрагментацией зеленых массивов, потерей биотопов и изменением ландшафтной структуры [11, 12].

Кроме того, постановлением города Москвы № 3160-ПП от 27 декабря 2024 г. определены требования и регламент деятельности для особо охраняемых зеленых территорий. Согласно этому нормативному документу, ООЗТ – это участки зеленого фонда, на которых установлен особый режим использования, сочетающий природоохранные, рекреационные, оздоровительные и эстетические функции [13]. В дополнениях к постановлению акцент сделан на формальное объединение всех разновидностей городских озелененных территорий, независимо от их первоначального происхождения – естественного или искусственного. В разрез с этим подчеркивается экологическая значимость территорий, предполагающая выполнение ими природоохранных функций. Однако в постановлении не содержится указаний на внутреннюю связанность или территориальную целостность зеленых территорий [13].

Заключение

Отраженная в статье отрицательная взаимосвязь между сокращением зеленых территорий и ростом интенсивности застройки демонстрирует, что потеря пространственной целостности зеленого каркаса является не только юридической, но и фактически измеримой экологической проблемой. Терминологическая неоднородность отражает отличающиеся акценты исследовательских и управленческих институтов: от нормативно-правового закрепления статуса территории и ее функционального назначения до характеристик пространственной целостности, экологической взаимосвязанности и степени интеграции природных компонентов в городскую среду [13, 14].

Многообразие существующих определений и понятий, применяемых для описания зеленых территорий, зеленого фонда, зеленой инфраструктуры и иных смежных категорий, напрямую связано с различиями в основе классификаций и моделей территориального планирования [7, 13]. Принятое в 2024 г. постановление, касающееся статуса особо охраняемых зеленых территорий, представляет собой конструкцию, несовместимую ни с понятием зеленого каркаса, ни с концепцией традиционного благоустройства города. Фактическое объединение разнородных элементов зеленых территорий на неоднозначной нормативной основе приводит к смещению фокуса от природоориентированного градостроительства к административно упрощенной модели учета таких территорий. В итоге возникает риск утраты устойчивости городских зеленых территорий, что подтверждается проведенным анализом. Сокращение площадей зеленых зон коррелирует с увеличением площади застроенных участков и ростом эксплуатационной нагрузки.

Таким образом, расхождения в терминологии оказывают прямое влияние на результаты планировочных решений градостроительной политики. Отсутствие нормативной согласованности, сопровождаемое снижением пространственной целостности зеленого каркаса, формирует значительные риски для экологической устойчивости города, что делает необходимым развитие единого стандарта понимания и оценки зеленых территорий на уровне города Москвы.

Список литературы

1. Котлярова С. Н. Зеленая инфраструктура городской среды: проблемы оценки // Экономика и управление. 2020. № 10 (180). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zelenaya-infrastruktura-gorodskoy-sredy-problemy-otsenki> (дата обращения: 14.11.2025)/

2. Жучков Д. В., Фетисов Д. М., Макаренко В. П. Функции зеленых насаждений городов в обеспечении целей устойчивого развития // Вестник ПГУ им. Шолом-Алейхема. 2023. № 2 (51). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/funktsii-zelyonyh-nasazhdeniy-gorodov-v-obespechenii-tseley-ustoychivogo-razvitiya> (дата обращения: 07.11.2025).
3. Трубина Л. К., Николаева О. Н., Муллаярова П. И., Баранова Е. И. Инвентаризация городских зеленых насаждений средствами ГИС // Вестник СГУГиТ. 2017. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/inventarizatsiya-gorodskih-zelenyh-nasazhdeniy-sredstvami-gis> (дата обращения: 11.11.2025).
4. СП 475.1325800.2020 «Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства». URL: <https://sro-a.ru/upload/medialibrary/b54/SP475.1325800.2020.-Svod-pravil.-Parki.-Pravila-gradostroit.pdf> (дата обращения: 09.11.2025).
5. Закон города Москвы № 27 «Об охране и использовании зеленого фонда в городе Москве». URL: <https://www.mos.ru/authority/documents/doc/54786220> (дата обращения: 09.11.2025).
6. Битюкова В. Р. Интегральная оценка экологической ситуации городов России // Региональные исследования. 2014. № 4. С. 49–57.
7. Аткина Л. И. Зеленая инфраструктура г. Екатеринбурга как часть водно-зеленого городского каркаса (The green infrastructure of the city as part of the water-green urban framework // Ландшафтная архитектура: традиции и перспективы – 2022: материалы I Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург, 2022. С. 36–43.
8. Жучков Д. В., Макаренко В. П. Роль зеленых насаждений в формировании комфортной городской среды // Вестник ПГУ им. Шолом-Алейхема. 2023. № 3 (52). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-zelyonyh-nasazhdeniy-v-formirovani-komfortnoy-gorodskoy-sredy> (дата обращения: 09.11.2025).
9. Касимов Н. С., Битюкова В. Р., Малхазова С. М., Кошелева Н. Е., Никифорова Е. М., Шартова Н. В., Власов Д. В., Тимонин С. А., Краинов В. Н. Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния. Москва: ИП Филимонов МВ, 2014.
10. Бабурин В. Л., Гладкевич Г. И., Даньшин А. И., Савоскул М. С., Сафронов С. Г. Изменение функции места и территориальные конфликты (на примере Боровского района Калужской области) // Вестник Московского университета. Серия: 5. География. 2018. № 6. С. 72–82.
11. Федорова В. С. Экологические перспективы обустройства городских парков // Экологический вестник Донбасса. 2023. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-perspektivy-obustroystva-gorodskih-parkov> (дата обращения: 13.11.2025).
12. Коновалова Е. А., Калинин Е. К., Белова М. О. Современный городской парк: проект благоустройства фрагмента парка Северное Тушино // АМГТ. 2024. № 1 (66). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennuyu-gorodskoy-park-proekt-blagoustroystva-fragmenta-parka-severnoe-tushino> (дата обращения: 12.11.2025).
13. Постановление правительства Москвы № 3160-ПП от 27.12.2024 «О преобразовании особо охраняемых природных территорий в особо охраняемые зеленые территории». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1310847202> (дата обращения: 10.11.2025).
14. Федеральный закон № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1310847202> (дата обращения: 10.11.2025).

References

1. Kotlyarova S. N. Green infrastructure of the urban environment: assessment problems. *Economy and Management*; 2020;10(180). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zelenaya-infrastruktura-gorodskoy-sredy-problemy-otsenki> (accessed 14.11.2025) (In Russ).
2. Zhuchkov D. V., Fetisov D. M., Makarenko V. P. Functions of urban green spaces in meet the sustainable development goals. *Bulletin of PSU named after Sholem Aleichem*; 2023;2(51). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/funktsii-zelyonyh-nasazhdeniy-gorodov-v-obespechenii-tseley-ustoychivogo-razvitiya> (accessed 07.11.2025) (In Russ).
3. Trubina L.K., Nikolaeva O.N., Mullayarova P.I., Baranova E.I. Inventory of urban green spaces using GIS. *Bulletin of SSUGiT*; 2017;3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/inventarizatsiya-gorodskih-zelenyh-nasazhdeniy-sredstvami-gis> (accessed 11.11.2025). (In Russ).
4. SP 475.1325800.2020 «Parks. Urban development design and improvement rules». URL: <https://sro-a.ru/upload/medialibrary/b54/SP475.1325800.2020.-Svod-pravil.-Pravila-gradostroit.pdf> (accessed 09.11.2025) (In Russ).
5. Law of the City of Moscow № 27 «On the Protection and Use of Green Space in the City of Moscow». URL: <https://www.mos.ru/authority/documents/doc/54786220> (accessed 09.11.2025) (In Russ).
6. Bityukova V. R. Integrated assessment of the environmental situation in Russian cities. *Regional Studies*. 2014;4:49–57 (In Russ).
7. Atkina L. I. The green infrastructure of the city as part of the water-green urban framework. *Landscape architecture: traditions and prospects – 2022: proceedings of the 1st All-Russian scientific and practical conference*. Ekaterinburg; 2022:36–43 (In Russ).
8. Zhuchkov D. V., Makarenko V. P. The role of green spaces in the formation of a comfortable urban environment. *Bulletin of PSU named after Sholem Aleichem*; 2023;3(52). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-zelyonyh-nasazhdeniy-v-formirovani-komfortnoy-gorodskoy-sredy> (accessed 11.09.2025) (In Russ).
9. Kasimov N. S., Bityukova V. R., Malkhazova S. M., Kosheleva N. E., Nikiforova E. M., Shartova N. V., Vlasov D. V., Timonin S. A., Krainov V. N. *Regions and cities of Russia: integral assessment of the ecological state*. Moscow: IP Filimonov M.V., 2014 (In Russ).
10. Baburin V. L., Gladkevich G. I., Danshin A. I., Savoskul M. S., Safronov S. G. Territorial conflicts and function of the place (case study of the Borovsk district of the Kaluga region). *Bulletin of Moscow University. Seriya: 5. Geography*. 2018;6:72–82 (In Russ.).

11. Fedorova V. S. Environmental Prospects for the Development of Urban Parks. *Ecological Bulletin of Donbass*. 2023:9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-perspektivy-obustroystva-gorodskih-parkov> (accessed 13.11.2025) (In Russ).

12. Konovalova E. A., Kalinichenko E. K., Belova M. O. Modern Urban Park: Landscaping Project for a Fragment of Severnoye Tushino Park. *AMIT*; 2024:1(66). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremenny-gorodskoy-park-proekt-blagoustroystva-fragmenta-parka-severnoe-tushino> (accessed 12.11.2025) (In Russ).

13. *Moscow Government Resolution № 3160-PP of 27.12.2024 «On the Transformation of Specially Protected Natural Areas into Specially Protected Green Areas»*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1310847202> (accessed 10.11.2025) (In Russ).

14. *Federal Law № 7-FZ «On Environmental Protection»*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1310847202> (accessed 10.11.2025).

Информация об авторах

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

Моро П. Н. – аспирант кафедры географии, геоэкологии и природопользования факультета естественных наук.

Information about the authors

Ivanova E. Yu. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor of the Department of Geography, Geoecology and Environmental Management, Faculty of Natural Sciences;

Moro P. N. – graduate student of the Department of Geography, Geoecology and Environmental Management, Faculty of Natural Sciences.

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

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 29.11.2025; одобрена после рецензирования 11.12.2025; принята к публикации 13.01.2026.

The article was submitted 29.11.2025; approved after reviewing 11.12.2025; accepted for publication 13.01.2026.

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 81–88.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):81–88 (In Russ.).

Научная статья
УДК 502.01
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.011>

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКОЛОГО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ

Кострыкина Александра Александровна¹✉, Валов Михаил Викторович², Занозин Виктор Валерьевич³, Бармин Александр Николаевич⁴

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

¹aleksandrakostrykina47@gmail.com ✉

²m.v.valov@mail.ru

³victor_z94@mail.ru

⁴abarmin60@mail.ru

Аннотация. В статье анализируются успешные практики эколого-просветительских и образовательных проектов, реализуемых в Астраханском государственном университете им. В. Н. Татищева и проектов Молодежного движения Русского географического общества на территории Астраханской области, направленные на экологическую культуру населения, вовлечение молодежи в природоохранные инициативы и популяризацию географических знаний.

Ключевые слова: устойчивое развитие, экологическое просвещение, проекты, молодежное движение, Русское географическое общество

Для цитирования: Кострыкина А. А., Валов М. В., Занозин В. В., Бармин А. Н. Реализация эколого-просветительских и образовательных проектов Русского географического общества как фактор формирования экологической культуры населения // Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 81–88. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.011>.

IMPLEMENTATION OF ECOLOGICAL AND EDUCATIONAL AND EDUCATIONAL PROJECTS OF THE RUSSIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY AS A FACTOR IN THE FORMATION OF ECOLOGICAL CULTURE OF THE POPULATION

Alexandra A. Kostrykina¹✉, Mikhail V. Valov², Victor V. Zanozin³, Alexander N. Barmin⁴
Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

¹aleksandrakostrykina47@gmail.com ✉

²m.v.valov@mail.ru

³victor_z94@mail.ru

⁴abarmin60@mail.ru

Abstract. This article analyzes successful environmental education projects implemented at Astrakhan Tatishchev State University and the Russian Geographical Society's Youth Movement in the Astrakhan Region. These projects aim to promote environmental awareness among the population, engage youth in environmental initiatives, and popularize geographical knowledge.

Keywords: sustainable development, environmental education, projects, youth movement, Russian Geographical Society

For citation: Kostrykina A. A., Valov M. V., Zanozin V. V., Barmin A. N. Implementation of ecological and educational and educational projects of the Russian geographical society as a factor in the formation of ecological culture of the population. *Geology, Geography and Global Energy*. 2026;1(100):81–88. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.011> (In Russ.).

В условиях нарастающих экологических вызовов формирование экологической культуры общества становится одной из приоритетных задач устойчивого развития.

На протяжении долгого времени идея экологического просвещения находилась в центре внимания прогрессивной общественности и научного общества. Так, еще в начале XX в. выдающийся естествоиспытатель и общественный деятель П. П. Семенов-Тянь-Шанский утверждал: «Наиболее солидным оружием охраны является самая широкая популяризация идеи охраны природы через печать и школу...» [4].

Рост отечественного экологического образования и просвещения позволяет заключить, что в разных регионах России накоплен интересный практический опыт эффективного развития системы экологического образования и просвещения населения. Порядок воспитания у молодежи экологического мировоззрения представляет собой сложный и многогранный процесс, требующий комплексного подхода и использования различных методических инструментов. Более того, действенность проводимой эколого-воспитательной работы среди молодежи нередко по показателям невысока из-за недостаточного уровня ее координации и информационной обеспеченности. В связи с этим взаимодействие молодежи с организациями, реализующими деятельность в сфере охраны окружающей среды и экологического просвещения, является важным моментом [5, 7, 8].

Одной из таких организаций является Русское географическое общество (РГО), основанное в 1845 г. императором Николаем I. Развитие Молодежного движения РГО – одно из направлений деятельности Общества по популяризации географии среди молодежи, реализации ее научного и творческого потенциала в области географии и смежных отраслей знаний, вовлечению молодежи в волонтерскую деятельность и участие в проектах РГО [6].

Совместная эколого-просветительская и эколого-образовательная работа РГО и Астраханского государственного университета имеет многолетний успешный опыт.

В целях улучшения экологической ситуации в г. Астрахани и Астраханской области в апреле 2007 г. был разработан проект под названием «Решение экологических проблем и сохранение уникальной природной среды Астраханского региона» (руководители Валов М. В., Бармин А. Н.). Для осуществления проекта на геолого-географическом факультете Астраханского государственного университета был создан экологический отряд, в который вошло более 50 студентов различных курсов и специальностей.

Основной целью проекта являлось улучшение экологической ситуации в г. Астрахани и Астраханской области путем осуществления экологической пропаганды, просветительской, практической и научной деятельности.

Участники проводили регулярные выезды для проведения природоохранных мероприятий, осуществляли научные исследования, которые помогли в разработке дальнейших мероприятий по оздоровлению экологической обстановки территории, осуществляли экологическую пропаганду и просветительскую деятельность среди населения.

География проекта со временем расширилась, он осуществлялся не только в Астраханской области, но и за ее пределами – практиковались совместные программы с Калмыкией и Казахстаном.

Деятельность проекта проходила в рамках пяти компонентов:

- 1) участие в системе экологического воспитания и образования;
- 2) ведение работы по пропаганде знаний в области охраны окружающей среды;
- 3) выполнение и продвижение научных исследований в области охраны окружающей среды;
- 4) участие в региональных, российских и международных экологических программах и проектах;
- 5) практическая деятельность по уборке замусоренных территорий региона.

Проект был нацелен практически на все возрастные и социальные аудитории, но главным образом он воздействовал на молодежь – школьников и студентов. Экологический отряд представлял большие возможности для формирования культурного, ценностного отношения к окружающему миру, природной среде, деятельность его была полностью спроектирована самими студентами, что создавало хорошие предпосылки для самоопределения и принятия самостоятельных решений.

У людей, принимавших участие в вышеперечисленных мероприятиях, – школьников, студентов, местного населения разных возрастов – формировалось экологическое мировоззрение, основанное на естественнонаучных и гуманитарных знаниях, практической деятельности, отражающее его глубокую убежденность личности в понимании единства человека и природы.

Проект стал лауреатом Первой премии в области национальной географии, экологии, сохранения и популяризации природного и историко-культурного наследия России «Хрустальный компас» в номинации «Лучший социально-информационный проект по сохранению природного и историко-культурного наследия» в 2013 г. (рис. 1).



Рисунок 1 – Церемония награждения лауреатов Первой премии в области национальной географии, экологии, сохранения и популяризации природного и историко-культурного наследия России «Хрустальный компас» (г. Краснодар, 2013 г. Фото: компания «СКАНЭКС», https://new.scanex.ru/company/news/tts-skaneks-stal-laureatom-premii-khrustalnyy-kompas-3960/?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera)

Учитывая особенности современного этапа образования, важно активизировать познавательную и мыслительную деятельность учащихся для решения данного вопроса, необходимо мотивировать их интерес к приобретению знаний, учить применять данные знания на практике. Одним из таких подходов может стать научное сотрудничество ученых-географов с учителями и школьниками. Учитывая актуальность данной проблемы, Астраханское отделение Русского географического общества и геолого-географический факультет Астраханского государственного университета создали Астраханское областное школьное географическое общество (АОШГО) (руководитель Безуглова М. С.).

Целью организации является научное сотрудничество преподавателей геолого-географического факультета АГУ с учителями географии, биологии, экологии, химии, ведущими исследовательскую работу со школьниками.

В задачи работы общества входит:

- разработка и проведение совместных исследовательских проектов по изучению природно-экономического комплекса Астраханской области;
- совместное участие в конкурсах исследовательских работ, конференциях, семинарах и т. п. с публикацией результатов работы;
- проведение лекций для учителей и школьников ведущими преподавателями и сотрудниками АГУ, МГУ, Института географии РАН и других высших учебных заведений.

Предлагается организация работы по следующим направлениям:

- геоэкологические проблемы современных городов;
- рекреация и туризм;
- краеведение;
- качество и образ жизни населения;
- особенности современных ландшафтов Астраханской области;
- вода и климат;
- проблемы географии почв и сельскохозяйственных угодий;
- современные проблемы биогеографии.

Помимо перечисленных направлений исследований, учителя могут предложить свои, в том числе по уже осуществляемой ими работе. Спектр исследований очень широк: различные природные объекты, процессы и явления, последствия хозяйственной деятельности человека, населенные пункты и сельские администрации, административные районы и Астраханская область в целом и т. д.

В 2016 г. центр гражданских инициатив Бард-колледжа (США, штат Нью-Йорк) и Экологический отряд геолого-географического факультета Астраханского государственного университета при поддержке Российско-американской программы «Обмен социальным опытом и знаниями» (ОСОЗ) объединили свои усилия с целью реализации масштабного проекта, который

получил название «Водный путь: обучение и охрана для будущих поколений» («Waterway Education and Protection: The Next Generation») (руководители Валов М. В., Бармин А. Н.).

Целью проекта являлось создание в США и Российской Федерации социальной модели молодежи с развитыми навыками лидерства и стратегического управления в области охраны окружающей среды, которая будет поддерживать сотрудничество в вопросах экологии между названными странами и странами-партнерами.

Проект был направлен на организацию долговременной защиты и охраны рек и речных бассейнов, в том числе реки Гудзон в США и реки Волги в России. Исполнителями проекта был осуществлен обмен передовым опытом в области социально-экологической работы в США и России и налажено развитие двусторонних отношений между американской и российской молодежью – будущими лидерами в области охраны окружающей среды.

Одним из конечных продуктов – результатов реализации проекта – является создание оригинального Инструментария, который направлен на использование настоящим и будущим поколением студентов, молодежью и общественностью в целом для организации системы охраны и защиты водных путей в США, Российской Федерации и странах-партнерах.

Инструментарий, в который включены конкретные рекомендации и мероприятия, представляет собой некое «руководство», которое помогает молодым ученым и гражданским активистам организовать совместную работу с целью защиты водных путей при руководящей роли молодежи. Комплект включает в себя мероприятия и ресурсы, которые представляют собой шаблоны развития гражданского и нравственного воспитания, экологического образования, добровольчества, стратегического управления в области охраны природы [1].

В 2018 г. проект стал финалистом премии Русского географического общества в номинации «Лучший образовательный проект в области географии» (рис. 2).



Рисунок 2 – Церемония награждения премии Русского географического общества (г. Москва, 2018. Фото: Валов М.)

На сегодняшний день эколого-просветительская и эколого-образовательная работа в Астраханской области активно проводится с привлечением коллектива Молодежного центра РГО Астраханской области, образованного 12 сентября 2024 г.

Неотъемлемой частью обеспечения безопасности региона является сохранение его экосистемы и биоразнообразия. Рост хозяйственного освоения окружающей среды приводит к усилению антропогенной нагрузки на геосистемы Астраханской области. В рамках исследования и защиты уникальных природных комплексов на территории Астраханской области в 2025 г. впервые был реализован проект «Заповедное дело РГО».

Комплексная программа включала благоустройство территории главного кордона Дамчикского участка, исследования почв заповедника и определение видов рыб (рис. 3) [9].

Видовое исследование ихтиофауны проводилось непосредственно в исследовательской лаборатории заповедника с применением материально-технической базы и специализированного оборудования. Определялись морфометрические показатели рыб: вес, длина тела, пол. Удалось определить следующие виды рыб: густера, красноперка, чекань, окунь и др.

В рамках данного проекта молодые исследователи исследовали и химический состав воды на нескольких точках отбора проб. На каждой из точек произведены замеры показателя pH, электропроводности, температуры воды, концентрации и процента насыщения воды растворенным кислородом, отобраны пробы для определения ионного состава воды и концентраций растворенного и взвешенного органического углерода и микрокомпонентов. Как показало исследование, изученные воды относятся к пресным нейтральным и слабощелочным.



Рисунок 3 – Вылов рыб сетями для дальнейшего определения видового состава ихтиофауны (Дамчикский участок, проток Быстрая. Фото: Алешина Д.)

Успешный опыт реализации проекта «Заповедное дело РГО» демонстрирует эффективность просветительских и исследовательских мероприятий, направленных на развитие экологической грамотности и практических навыков работы с природными экосистемами.

Эколого-просветительские проекты, направленные на вовлечение людей в процесс изучения и сохранения биоразнообразия, в том числе и изучения и сохранения птиц, играют важную роль в экологическом просвещении. В Астраханской области одним из таких проектов являлся орнитологический лагерь «Лебедь и Орлан», успешно реализованный в октябре 2023 г. на территории Дамчикского участка Астраханского заповедника.

Программа лагеря включала практические занятия как по орнитологии, так и по внедрению информационных технологий с целью создания группы молодых исследователей, способных решать задачи по охране и изучению птиц России.

В рамках лагеря было проведено три маршрута по учету птиц, в которых участники проекта, освоив методики орнитологического учета, классификацию мест обитания крылатых обитателей, технику обработки и анализа итоговых данных полевых наблюдений, проводили свои исследования (рис. 4).

Один из отличительных моментов работы лагеря заключался в том, что при маршрутных выездах были замечены обыкновенные сойки, а сойка – редкий залетный вид Астраханского заповедника, поэтому участники стали свидетелями любопытного фенологического явления в дельте Волги [3].

Успешная реализация данного проекта подчеркивает важность практического опыта для повышения эффективности эколого-просветительских проектов, а также способствует повышению мотивации к участию в природоохранной деятельности.



Рисунок 4 – Наблюдение за птицами с использованием биноклей для регистрации видового состава, численности и поведения (Дамчикский участок ФГБУ «Астраханский государственный заповедник»). Фото: Вильданова М.)

Молодежным центром РГО Астраханской области также проводятся такие мероприятия и проекты, как Международная просветительная акция «Географический диктант», «День географа», «НЕурок географии».

Целью проектов является популяризация географии и смежных наук, а также демонстрация ценности отечественного географического наследия, экологической защиты, современного образования и научных исследований. Мероприятия предоставляют участникам возможность оценить свои знания по географии в интерактивной форме (рис. 5).



Рисунок 5 – Сбор магнитных пазлов в виде космического снимка, покрывающего территории Северного Прикаспия в рамках празднования «Дня географа» (Астрахань). Фото: Занозина Е.)

Таким образом, эколого-просветительская деятельность РГО служит ярким примером успешного взаимодействия науки, образования и общественности. Успешный опыт реализации различных проектов Молодежного движения РГО подтверждает мысль о том, что устойчивое развитие и решение глобальных экологических проблем невозможно без повышения уровня экологической грамотности населения, в том числе подрастающего поколения. Русское географическое общество предоставляет широкий спектр возможностей для вовлечения молодежи в решение экологических проблем, предоставляя платформу для реализации различных инициатив и способствует формированию активной гражданской позиции.

Список литературы

1. Валов М. В., Бармин А. Н., Пробст Е. Н., Миретин А. С. Реализация проекта «Водный путь: обучение и охрана для будущих поколений» в системе экологического воспитания молодежи // Экология городской среды: история, современность и перспективы: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Астрахань: Астраханский государственный университет, 2018. С. 175–177.
2. День географа. 175-летие Русского географического общества // Русское географическое общество. URL: <https://www.rgo.ru> (дата обращения: 12.12.2025).
3. Завершился молодежный орнитологический лагерь РГО «Лебедь и Орлан» // Молодежное движение Русского географического общества. URL: <https://mk.rgo.ru> (дата обращения: 10.01.2026).
4. Мелконян Р. Г. Собрание высказываний великих умов мира. Казань, 2000.
5. Новые инструменты эколого-просветительской деятельности среди учащихся, родителей и педагогов средствами школьного лесничества в условиях мегаполиса: методические рекомендации для руководителей и педагогов общеобразовательных организаций: Челябинск: Полиграф-Мастер, 2018. 116 с.
6. Положение о Молодежном движении Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» от 08.05.2024 № 2 // Молодежное движение РГО. 2024.
7. Сборник лучших практик в сфере экологического просвещения. Опыт бизнеса. 2023. URL: https://forumeco.ru/upload/medialibrary/conf2023/Сборник_экопросвещение.pdf (дата обращения: 16.01.2026).
8. Сборник эколого-просветительских практик и форм поддержки данных практик // Российское общество «Знание». 2022. URL: <https://rebc.viro33.ru/wp-content/uploads/2023/10/sbornik-ekologo-prosvetiteliskih-praktik-i-form-podderzhki-dannyh-praktik.pdf> (дата обращения: 16.01.2026).
9. Смена проекта «Заповедное дело РГО» завершилась в Астраханской области // Молодежное движение Русского географического общества. URL: <https://mk.rgo.ru> (дата обращения: 12.01.2026).

References

1. Valov M. V., Barmin A. N., Probst E. N., Miretin A. S. Implementation of the project «Waterway: Education and Protection for Future Generations» in the system of environmental education of youth. *Ecology of the urban environment: history, modernity and prospects: collection of articles from the All-Russian scientific and practical conference with International participation*. Astrakhan: Astrakhan State University; 2018:175–177 (In Russ.).
2. Geographer's Day. 175th anniversary of the Russian Geographical Society. *Russian Geographical Society*. URL: <https://www.rgo.ru> (accessed 12.12.2025) (In Russ.).
3. The Youth Ornithological Camp of the Russian Geographical Society «Swan and Eagle» has concluded. *Youth Movement of the Russian Geographical Society*. URL: <https://mk.rgo.ru> (accessed 10.01.2026) (In Russ.).
4. Melkonyan R.G. *Collection of statements of the world's great minds*. Kazan, 2000 (In Russ.).
5. *New tools for environmental education activities among students, parents, and teachers through school forestry in a megacity: methodological recommendations for leaders and teachers of general education organizations*: Chelyabinsk: Polygraph-Master; 2018:116 (In Russ.).
6. Regulations on the Youth Movement of the All-Russian Public Organization «Russian Geographical Society» dated 08.05.2024 № 2. *Youth Movement of the Russian Geographical Society*. 2024 (In Russ.).
7. *Collection of best practices in environmental education. Business experience*. URL: https://forumeco.ru/upload/medialibrary/conf2023/Сборник_экопросвещение.pdf (accessed 16.01.2026) (In Russ.).
8. *Collection of environmental education practices and forms of support for these practices / Russian Society «Knowledge»*. 2022. URL: <https://rebc.viro33.ru/wp-content/uploads/2023/10/sbornik-ekologo-prosvetiteliskih-praktik-i-form-podderzhki-dannyh-praktik.pdf> (accessed 16.01.2026) (In Russ.).
9. The change of the project «Reserve business of the Russian Geographical Society» was completed in the Astrakhan region. *Youth movement of the Russian Geographical Society*. URL: <https://mk.rgo.ru> (accessed 12.01.2026) (In Russ.).

Информация об авторах

Кострыкина А. А. – студент;
Валов М. В. – кандидат географических наук, доцент;
Занозин В. В. – кандидат географических наук, доцент;
Бармин А. Н. – доктор географических наук, профессор.

Information about the authors

Kostrykina A. A. – student;
Valov M. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Zanozin V. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
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.

Статья поступила в редакцию 18.11.2025; одобрена после рецензирования 03.12.2025; принята к публикации 24.12.2025.

The article was submitted 18.11.2025; approved after reviewing 03.12.2025; accepted for publication 24.12.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 89–94.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):89–94 (In Russ.).

Научная статья
УДК 504.453
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.012>

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕКИ УПЫ: СОВРЕМЕННАЯ ОЦЕНКА И АНАЛИЗ

Иванова Елена Юрьевна^{1✉}, Брызгунов Никита Николаевич²
Государственный университет просвещения, Мытищи, Россия
¹ivelena2010@mail.ru
²bryzgunov-nikitka@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена оценке экологического состояния участка реки Упы в границах Тульской области. Объектом исследования является участок реки Упы в границах Тульской области. Предмет исследования состоит в изучении загрязнения вод объекта исследования. Исследование экологического состояния реки Упы в границах Тульской области включало: визуальную оценку экологического состояния реки Упы, оценку состояния вод реки Упы по гидрологическим и гидрохимическим показателям и вычисление комбинаторного индекса загрязнения водоема. Показатели экологического состояния по ИЗВ свидетельствуют об «умеренно загрязненной» категории состояния участка реки ближе к ее истоку и «грязной» категории участка реки в нижнем течении (в месте прохождения через территорию г. Тулы и за его пределами). Результаты вычисления комбинаторного индекса загрязнения участка р. Упы показали, что качество воды по содержанию в ней меди, хрома и нитратов характеризуется как «загрязненная», по содержанию фтора и свинца – как «грязная».

Ключевые слова: экологическая оценка, визуальная экологическая оценка, гидрохимический анализ, качество речных вод, уровень загрязнения

Для цитирования: Иванова Е. Ю., Брызгунов Н. Н. Экологическое состояние реки Упы: современная оценка и анализ // Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1 (100). С. 89–94. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.012>.

ECOLOGICAL STATE OF THE UPA RIVER: MODERN ASSESSMENT AND ANALYSIS

Elena Yu. Ivanova^{1✉}, Nikita N. Bryzgunov^{2✉}
State University of Education, Mytishchi, Russia
¹ivelena2010@mail.ru
²pn.mo238@gmail.com

Abstract. The article is devoted to the assessment of the ecological state of the Upa River section within the Tula Region. The object of the study is the Upa River section within the Tula Region. The subject of the study is the study of water pollution in the study object. The study of the ecological state of the Upa River within the boundaries of the Tula region included: a visual assessment of the ecological state of the Upa River, an assessment of the state of the Upa River waters based on hydrological and hydrochemical indicators, and the calculation of a combinatorial index of water body pollution. The indicators of the ecological state according to the IWP indicate a “moderately polluted” category of the river section closer to its source and a «dirty» category of the river section in the lower reaches (where it passes through the territory of Tula and beyond). The results of calculating the combinatorial index of pollution of the Upa River section showed that the quality of water in terms of copper, chromium and nitrate content is characterized as «polluted», and in terms of fluorine and lead content – as «dirty».

Keywords: environmental assessment, visual environmental assessment, hydrochemical analysis, river water quality, pollution level

For citation: Ivanova E. Yu., Bryzgunov N. N. Ecological state of the Upa River: modern assessment and analysis. *Geology, Geography and Global Energy*. 2026;1(100):89–94. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.012> (In Russ.).

Введение

Актуальность исследования экологического состояния реки Упы в границах Тульской области обусловлена комплексом взаимосвязанных факторов, приобретающих особую значимость в контексте современных экологических вызовов и национальных стратегических приоритетов [1, 2]. Проведение всестороннего исследования является необходимым шагом для обеспечения экологической безопасности Тульской области и реализации целей устойчивого развития на региональном уровне [3–5].

Объектом исследования в данной работе является река Упа в границах Тульской области. Предмет исследования – экологическое состояние реки Упы в границах Тульской области. Цель исследования состоит в оценке экологического состояния участка реки Упы в границах Тульской области. В число решаемых задач входили: подбор, изучение и использование методик проведения оценки экологического состояния вод реки Упы в границах Тульской области; исследование гидрологических и гидрохимических показателей состояния реки Упы; проведение оценки экологического состояния реки Упы в границах Тульской области.

Научная новизна и практическая значимость результатов исследования заключается в определении авторами гидрологических, гидрохимических и гидробиологических показателей и проведении последующей оценки экологического состояния речных вод реки Упы в границах Тульской области [6]. Данную информацию можно использовать в дальнейшей работе по оценке экологического состояния, а также исследования динамики изменения гидрологического и гидрохимического состояния реки Упы в границах Тульской области.

Материалы и методы

Исследование экологического состояния реки Упы в границах Тульской области осуществлялось в три этапа: визуальная оценка экологического состояния реки Упы [7], оценка состояния вод реки Упы по гидрологическим и гидрохимическим показателям [8] и вычисление комбинаторного индекса загрязнения водоема [9].

При обследовании участка крупной реки за основу визуальной оценки состояния реки использовался сокращенный вариант протокола, разработанного Всемирным фондом дикой природы. В нем дается балльная оценка, характеризующая питьевые и рекреационные качества водоема, наличие загрязнения, характер русла, присутствие живых организмов. Для этого в зоне исследования предварительно были заложены 4 участка для проведения балльной экологической оценки.

Оценка гидрохимического состава воды в реке Упе производилась осенью 2024 г. и весной 2025 г. В этот период был выполнен пробоотбор воды в 6 точках на реке Упе в границах Тульской области [10]. Для чистоты эксперимента пробы воды из 2 и 6 точек пробоотбора прошли лабораторный анализ (9 компонентов). В то же время пробы воды из всех 6 точек были проанализированы в камеральных условиях с использованием экспресс-лабораторий «NILPA PRO» (10 компонентов) и «ЭкоЮнит» (16 компонентов). Суммарно в рамках экспериментальной части было произведено: 4 лабораторных и 121 камеральное исследование, определены 70 компонентов, 26 показателей (в том числе 18 химических веществ).

Для вычисления комбинаторного индекса загрязнения водоема на дальнейшем этапе вычислялось количество случаев превышения ПДК и величины оценочного балла. Комбинаторный индекс загрязненности рассчитывался как сумма общих оценочных баллов всех учитываемых ингредиентов. По величине комбинаторного индекса загрязненности устанавливался класс загрязненности воды.

Результаты и обсуждение

Визуальная оценка экологического состояния реки Упы производилась на четырех учетных площадках, заложенных в местах пробоотбора воды (рис. 1).

Первая учетная площадка располагалась ближе к истоку реки (здесь преобладают озелененные территории), две другие – в местах антропогенного воздействия (вблизи расположена промзона, плотная застройка и сильное загрязнение), последняя – в районе природно-антропогенного ландшафта (дороги, деревни, слабое загрязнение).

Результаты визуальной оценки экологического состояния реки Упы в границах Тульской области показали (табл. 1), что наименее загрязненный участок реки располагается вблизи ее истока (I категория качества экологического состояния водоема – «у водного объекта отсутствуют экологические проблемы»), далее располагаются сильно загрязненные участки водной и прибрежной областей (III категория качества экологического состояния водоема – «у водного объекта серьезные экологические проблемы»). После прохождения рекой городской территории Тулы речная экосистема частично восстанавливается (II категория качества экологического состояния водоема – «состояние водного объекта удовлетворительное»).

Оценка гидрохимического состава воды в реке Упе производилась осенью 2024 г. и весной 2025 г. В этот период был выполнен пробоотбор воды в 6 точках на реке Упе в границах Тульской области (рис. 2).

Распределение точек пробоотбора обусловлено спецификой исследуемых ландшафтно-антропогенных зон. Точка 1 расположена на территории села Верхоулье района Волово на юге Тульской области в пределах природных озелененных территорий, сохраняющих естественный растительный покров. Данный участок реки расположен в 500 м от истока реки Упы и характеризуется относительно чистой водой, отсутствием источников загрязнения, естественным,

частично заросшим, руслом, наличием гидробионтов. Точки 2, 3 и 4 локализованы в зоне пересечения автомагистралей г. Тулы, характеризующейся максимальной интенсивностью транспортных выбросов. Менее чем в 100 м расположена промзона, в границах которой функционирует ПАО «Тулачермет» (производство чугуна) и ООО «Промсорт-Тула» (металлопрокат). Это самая загрязненная зона реки в границах Тульской области. Данный участок реки характеризуется наличием площадного источника загрязнения, близостью застройки в границах водоохранной зоны реки, замусоренностью побережья и практическим отсутствием растительности и гидробионтов. Точка 5 заложена на урбанизированном участке прибрежной зоны, подверженном активному хозяйственному использованию. Точка 6 расположена на западе Тульской области, недалеко от деревни Берники. Характеризуется естественным руслом реки, присутствием дорог и деревень в округе. Место достаточно озеленено и удалено от города Тулы. Визуально характеризуется слабым загрязнением воды и прибрежной зоны и заметным наличием гидробионтов.



Рисунок 1 – Расположение учетных площадок при проведении визуальной оценки экологического состояния реки Упы в границах Тульской области

Таблица 1 – Результаты визуальной оценки экологического состояния реки Упы

Определяемый параметр	Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 4
Питьевые качества воды	3	0	0	3
Рекреационные качества водоема	3	0	3	3
Наличие мусора	5	3	3	3
Присутствие загрязняющих стоков	5	0	0	3
Наличие вблизи капитальных объектов	5	0	0	3
Наличие гидротехнических сооружений	5	5	5	5
Характер русла	5	5	3	5
Зарастаемость берегов	5	3	3	3
Характер течения	5	3	5	3
Наличие рыбы	5	3	3	5
Наличие ракообразных	5	0	0	3
Наличие беспозвоночных	5	0	0	3
Наличие информации о качестве воды	3	0	5	5
Качество воды	5	0	0	3
Результаты оценки экологического состояния реки Упы (балл/категория)	64/І	22/ІІІ	30/ІІІ	50/ІІ



Рисунок 2 – Картограмма расположения пунктов пробоотбора поверхностных вод реки Упы

Для чистоты эксперимента пробы воды из 2 и 6 точек пробоотбора прошли лабораторный анализ (9 компонентов). В то же время пробы воды из всех 5 точек были проанализированы в камеральных условиях с использованием экспресс-лабораторий «NILPA PRO» (10 компонентов) и «ЭкоЮнит» (16 компонентов).

Результаты лабораторного анализа проб воды показали, что существенных изменений в пробах воды в весенний и осенний период не выявлено. Нормативные показатели были незначительно превышены по общей жесткости (1,2–1,4 ПДК) и цветности (1–1,5 ПДК). Результаты гидрохимического анализа проб воды с использованием тест-лаборатории «NILPA PRO» показали превышение по общей жесткости (1–2,5 ПДК) и содержанию фосфатов (1,3 ПДК). Результаты гидрохимического анализа проб воды с использованием тест-лаборатории «ЭкоЮнит» показали превышение по ряду показателей: хрому (4 ПДК), свинцу (6,6 ПДК), фтору (8,3 ПДК), нитратам (2,2 ПДК) и меди (3,2 ПДК). Полученные данные по веществам, содержание которых превышает установленные нормативные показатели, были сведены в единую таблицу. Таких веществ оказалось 5: медь, хром, фтор, свинец и нитраты.

В дальнейшем приведенные показатели были использованы для вычисления комбинаторного индекса загрязнения. Данный показатель учитывает долю каждого ингредиента в общем загрязнении. Для этого вычисляется индекс кратности превышений ПДК (ИЗВ). Полученные данные были оформлены в табличной форме, и определены категории состояния воды по показателю ИЗВ (табл. 2).

Таблица 2 – Экологическое состояние воды реки Упы на основе показателя ИЗВ

Пункты проб отбора / показатель	Медь (Cu)	Хром (Cr)	Фтор (F)	Свинец (Pb)	Нитрат (NO ₂)	ИЗВ	Состояние воды
Пункт № 1	–	–	–	–	2,2	2,2	Умеренно загрязненная
Пункт № 2	–	4	8,3	6,6	–	6,3	Грязная
Пункт № 3	3,2	4	8,3	6,6	2,2	4,9	Грязная
Пункт № 4	3,2	4	8,3	6,6	2,2	4,9	Грязная
Пункт № 5	3,2	4	8,3	–	–	–	Грязная
Пункт № 6	3,2	4	8,3	–	–	5,2	Грязная

Данные таблицы свидетельствуют об «умеренно загрязненной» категории состояния участка реки ближе к ее истоку и «грязной» категории участка реки в нижнем течении (в месте прохождения через территорию г. Тулы и за его пределами).

Для вычисления комбинаторного индекса загрязнения водоема (табл. 3) на дальнейшем этапе вычислялось количество случаев превышения ПДК и величины оценочного балла.

Таблица 3 – Значения комбинаторного индекса загрязнения воды реки Упы в границах Тульской области

Пункты проб отбора / показатель	Медь (Cu)	Хром (Cr)	Фтор (F)	Свинец (Pb)	Нитрат (NO ₂)
Пункт № 1	–	–	–	–	2,2
Пункт № 2	–	4	8,3	6,6	–
Пункт № 3	3,2	4	8,3	6,6	2,2
Пункт № 4	3,2	4	8,3	6,6	2,2
Пункт № 5	3,2	4	8,3	–	–
Пункт № 6	3,2	4	8,3	–	–
K ₁	2,6	3,9	8,2	6,59	2,1
Категория качества воды	Загрязненная	Загрязненная	Грязная	Грязная	Загрязненная

Результаты вычисления комбинаторного индекса загрязнения в 6 пунктов реки Упы в границах Тульской области показали, что качество воды по содержанию в ней меди, хрома и нитратов характеризуется как «загрязненная», по содержанию фтора и свинца – как «грязная».

Заключение

В процессе проведения исследования сформулирован ряд выводов, основными из которых являются следующие:

1. Результаты визуальной оценки экологического состояния реки Упы в границах Тульской области показали, что наименее загрязненный участок реки располагается вблизи ее истока, далее располагаются сильно загрязненные участки водной и прибрежной областей. После прохождения рекой городской территории Тулы речная экосистема частично восстанавливается.

2. В процессе гидрохимического анализа выявлены вещества, содержание которых превышает установленные нормативные показатели. К ним относятся: медь, хром, фтор, свинец и нитраты.

3. Определение категории экологического состояния по индексу загрязнения воды свидетельствует об «умеренно загрязненной» категории состояния участка реки ближе к ее истоку и «грязной» категории участка реки в нижнем течении (после прохождения через территорию г. Тулы).

Результаты вычисления комбинаторного индекса загрязнения 6 пунктов реки Упы в границах Тульской области показали, что качество воды по содержанию в ней меди, хрома и нитратов характеризуется как «загрязненная», по содержанию фтора и свинца – как «грязная».

Список литературы

1. Обзор состояния работ на сети наблюдений за загрязнением поверхностных вод России по гидробиологическим показателям в 2023 году: ежегодник / ИГКЭ. Москва, 2024. 23 с.
2. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник 2023: ежегодник / Гидрохимический институт; ред. М. М. Трофимчук. Ростов-на-Дону, 2024. 596 с.
3. Тульский статистический ежегодник. 2023: статистический сборник / Тулстат. Тула, 2024. 231 с.
4. Иванова Е. Ю., Соловьева А. Д. Экологическая политика Тульской области // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 103, ноябрь (Часть 5). С. 90–94.
5. Ivanova E. Yu., Solovyova A. D. Environmental policy of the Tula region // Science in modern society: IV International Scientific and Practical Conference (October 24–25, 2023, Beijing). China, 2023. P. 29–31.
6. Евдокимова Е. В., Иванова Е. Ю., Кулакова М. В., Моргунов И. А. Комплексная гидрохимическая оценка качества вод реки Мещерихи в границах городского округа Лобня Московской области // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 137–145. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.019>.
7. Исследование экологического состояния водных объектов: руководство по применению ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р» / под ред. А. Г. Муравьева. Санкт-Петербург: Крисмас+, 2021. 232 с.
8. Другов Ю. С., Родин А. А. Анализ загрязнения воды: практическое руководство. Москва: Лаборатория знаний, 2024. 681 с.
9. РД 52.24.6432002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям / разработ. В. П. Емельянова, Е. Е. Лобченко. Ростов-на-Дону: Гидрометеониздат, 2002. 55 с.
10. Подробная онлайн карта России с городами, карта автомобильных дорог РФ. URL: <https://kartarf.ru> (дата обращения: 20.07.2025).

References

1. Review of the status of work on the network of observations of surface water pollution in Russia based on hydrobiological indicators in 2023: yearbook. IGKE. Moscow; 2024:23 (In Russ.).

2. *Quality of surface waters of the Russian Federation. Yearbook 2023: yearbook*. Hydrochemical Institute; ed. M. M. Trofimchuk. Rostov-on-Don; 2024:596 (In Russ.).
3. *Tula Statistical Yearbook. 2023: Statistical Digest*. Tulastat. Tula; 2024:231 (In Russ.).
4. Ivanova E. Yu., Solovieva A. D. Environmental Policy of the Tula Region. *Trends in Science and Education Development*. 2023;103, November (5):90–94 (In Russ.).
5. Ivanova E. Yu., Solovyova A. D. Environmental policy of the Tula region. *Science in modern society: IV International Scientific and Practical Conference (October 24–25, 2023, Beijing)*. China; 2023:29–31.
6. Evdokimova E. V., Ivanova E. Yu., Kulakova M. V., Morgunov I. A. Comprehensive hydrochemical assessment of the water quality of the Meshcherikha River within the boundaries of the Lobnya urban district of the Moscow region. *Geology, geography and global energy*. 2025;1(96):137–145. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.96.1.019> (In Russ.).
7. *Study of the ecological state of water bodies: Guide to the use of the knapsack field laboratory «NKV-R»*. Ed. A. G. Muravyov. St. Petersburg: Christmas +; 2021:232 (In Russ.).
8. Drugov Yu. S., Rodin A. A. *Analysis of water pollution: a practical guide*. Moscow: Laboratory of knowledge; 2024:681 (In Russ.).
9. RD 52.24.6432002. *Method for a comprehensive assessment of the degree of pollution of surface waters based on hydrochemical indicators*. Developed by V. P. Emelyanova, E. E. Lobchenko. Rostov-on-Don: Gidrometeoizdat; 2002:55 (In Russ.).
10. *Detailed online map of Russia with cities, map of Russian roads*. URL: <https://kartarf.ru> (accessed 20.07.2025) (In Russ.).

Информация об авторах

Иванова Е. Ю. – кандидат географических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и природопользования факультета естественных наук;
Брызгунов Н. Н. – магистрант кафедры географии, геоэкологии и природопользования факультета естественных наук.

Information about the authors

Ivanova E. Yu. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor of the Department of Geography, Geoecology and Environmental Management, Faculty of Natural Sciences;
Bryzgunov N. N. – master's student of the Department of Geography, Geoecology and Environmental Management, Faculty of Natural Sciences.

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

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

Статья поступила в редакцию 29.11.2025; одобрена после рецензирования 11.12.2025; принята к публикации 13.01.2026.

The article was submitted 29.11.2025; approved after reviewing 11.12.2025; accepted for publication 13.01.2026.

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 95–100.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):95–100 (In Russ.).

Научная статья
УДК 504.06
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.013>

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

Романова Анастасия Алексеевна¹, Иолин Михаил Михайлович², Карабаева Алтынганым Зинетовна³✉

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

¹romanova.an95@mail.ru

²miolin76@mail.ru

³karabaeva2010@mail.ru✉

Аннотация. Статья посвящена анализу применения картографических методов в гидрологических исследованиях дельты Волги – уникального природного комплекса с разветвленной гидрографической сетью. Рассматриваются возможности дистанционного зондирования Земли, геоинформационных систем (ГИС) и гидрологических моделей для решения задач зонирования, геозкологического анализа и прогнозирования стока. Выявлено, что на основе спутниковых данных (Sentinel-2, Landsat-8) и технологий ГИС проводится картографирование как гидрографической сети, так и динамики водных процессов. Установлено, что методы позволяют создавать модели прогнозирования экстремальных событий (наводнения, засухи) с точностью 80–90 %. В статье подчеркивается значимость картографических подходов для устойчивого управления водными ресурсами с рекомендациями и междисциплинарного сотрудничества. Интеграция методов улучшает анализ дельтовых систем и способствует рациональному использованию региональных ресурсов.

Ключевые слова: картографические методы, гидрологические исследования, дельта Волги, гидрографическая сеть, пространственные данные, визуализация

Для цитирования: Романова А. А., Иолин М. М., Карабаева А. З. Картографические методы в гидрологических исследованиях дельты Волги // Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 95–100. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.013>.

CARTOGRAPHIC METHODS IN HYDROLOGICAL RESEARCH OF THE VOLGA RIVER DELTA

Anastasia A. Romanova¹, Mikhail M. Iolin², Altynganym Z. Karabayeva³✉

Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

¹romanova.an95@mail.ru

²miolin76@mail.ru

³karabaeva2010@mail.ru✉

Abstract. The article is devoted to the analysis of the application of cartographic methods in hydrological research of the Volga River Delta – a unique natural complex with an extensive hydrographic network. It explores the capabilities of remote sensing, Geographic Information Systems (GIS), and hydrological models for solving problems of zoning, geo-ecological analysis, and runoff forecasting. It was found that satellite data (Sentinel-2, Landsat-8) and GIS technologies are used to map both the hydrographic network and the dynamics of water processes. The study establishes that these methods enable the creation of models for predicting extreme events (floods, droughts) with an accuracy of 80–90 %. The article emphasizes the importance of cartographic approaches for the sustainable management of water resources, providing recommendations for interdisciplinary cooperation. The integration of these methods enhances the analysis of deltaic systems and promotes the rational use of regional resources.

Keywords: cartographic methods, hydrological research, Volga River Delta, hydrographic network, spatial data, visualization

For citation: Romanova A. A., Iolin M. M., Karabayeva A. Z. Cartographic methods in hydrological research of the Volga River Delta. *Geology, Geography and Global Energy*. 2026;1(100):95–100. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.013> (In Russ.).

Актуальность

В условиях глобального изменения климата, возрастающего антропогенного давления на водные ресурсы и необходимости устойчивого управления экосистемами актуальность картографических методов в гидрологических исследованиях значительно возрастает. Дельта Волги является уникальным объектом, подверженным динамичным процессам: прибрежной эрозии, изменению уровня Каспийского моря, загрязнению и деградации водотоков. Ежегодно исследуемый район теряет до 1–2 % площади из-за снижения уровня моря и антропогенного

воздействия [1]. Традиционные методы гидрологических наблюдений (наземные станции) часто ограничены по охвату и точности, особенно в труднодоступных районах, что делает картографические подходы незаменимыми для комплексного анализа.

Картографические методы позволяют интегрировать пространственные данные из различных источников (спутниковые снимки, ГИС, аэрофотосъемка), обеспечивая визуализацию и моделирование процессов в реальном времени. Это особенно важно для решения задач гидрологического зонирования, оценки стока и прогнозирования наводнений, затрагивающих миллионы гектаров пойменных территорий. Согласно отчетам Росгидромета, в последние десятилетия частота экстремальных гидрологических событий (наводнения, засухи) в дельте Волги увеличилась на 20–30%, что требует инновационных инструментов. Картографические методы способствуют мониторингу экосистем и разработке стратегий устойчивого развития. Таким образом, тема исследования актуальна не только для научного, но и для практического применения в водохозяйственной деятельности, экологии и региональном планировании.

Применение картографических методов охватывает широкий спектр направлений, включая гидрологические исследования, где они обеспечивают системное представление пространственной информации и позволяют выявлять закономерности в функционировании водных объектов. Их использование становится особенно актуальным в условиях дельты Волги – уникального природного образования, где основное русло разветвляется на множество рукавов, образуя сложную и динамичную сеть каналов и водоемов.

Комплексное изучение такой территории требует больших объемов данных, а также инструментов, обеспечивающих их обработку и визуализацию. В этом контексте картографические подходы выступают необходимым элементом анализа: они позволяют не только фиксировать пространственные характеристики, но и выявлять взаимосвязи между процессами. Согласно исследователям [3, 5], именно картографические методы позволяют представлять сложные гидрологические явления в наглядной форме, включая распределение водных ресурсов, изменения рельефа и процессы минерализации.

Картографические технологии играют фундаментальную роль в гидрологии, обеспечивая визуализацию и интерпретацию пространственных данных о водных системах. Они позволяют работать со сложной информацией в удобной и структурированной форме, что значительно облегчает как анализ, так и последующее прогнозирование.

Методы исследования

При написании данной статьи были использованы следующие методы: картографический, метод дистанционного зондирования, описательный, сравнительный.

В изучении дельты Волги использован комплекс картографических методов, основанный на интеграции дистанционного зондирования, геоинформационных систем (ГИС) и гидрологического моделирования. Одним из наиболее востребованных методов в гидрологии является дистанционное зондирование Земли с использованием спутниковых данных (например, от Sentinel-2 и Landsat-8), обеспечивающих высокое разрешение (до 10–20 м) и многолетний архив (с 1970-х гг.) [2]. Данные обрабатывались в программных пакетах ArcGIS и QGIS для дешифровки изображений и расчета морфометрических показателей (плотность гидрографической сети, углы ветвления).

Тематическое картографирование включало создание карт гидрографической сети и динамики стока на основе технологий ГИС. Для этого использовались алгоритмы интерполяции (кригинг, сплайн) для заполнения пробелов в данных и методы классификации (кластерный анализ) для выделения типов водотоков. Гидрологические модели строились с использованием программ SWAT и HEC-RAS, интегрируя климатические данные (осадки, температура) и геологические параметры (рельеф, почвы). Валидация моделей проводилась на основе наземных наблюдений гидрологических станций (например, данные Росгидромета за 2010–2023 гг.), с расчетом коэффициентов корреляции ($R^2 > 0,85$).

Сравнительный анализ включал сопоставление данных дельты Волги с аналогичными регионами (дельта Дона, Миссисипи), что позволило выявить региональные особенности. Статистическая обработка (регрессионный анализ) использовалась для оценки связи антропогенных факторов (загрязнение, плотины) с изменениями гидрографической сети. Объем выборки включал более 100 спутниковых снимков и 50 тыс. точек наблюдений, обеспечивая высокую надежность результатов. Эти методы позволили не только описывать текущие состояния, но и моделировать сценарии будущих изменений под влиянием климата.

Одним из наиболее востребованных методов в гидрологии является дистанционное зондирование. Уже более 15–20 лет космическая съемка активно используется как источник информации для практических задач. На основе спутниковых данных решаются четыре ключевых блока проблем: проведение гидрологического зонирования и картографирования; геоэкологическая оценка водных комплексов, включая выявление процессов эвтрофикации; анализ распределения и условий формирования подземных вод; изучение факторов, влияющих на формирование поверхностного и подземного стока.

Одним из ключевых направлений анализа является изучение структуры гидрографической сети, поскольку она отражает особенности морфологии рельефа и характера поверхностного стока [11]. При дешифровке сначала определяется тип рисунка сети (дендритный, радиальный, решетчатый, перистый, центростремительный, параллельный или смешанный). Для более детального описания используются морфометрические показатели: плотность сети, ориентация русел, степень интеграции и углы ветвления. Кроме того, водотоки классифицируются по глубине эрозии.

Водные комплексы хорошо различимы на космических снимках как мелкого, так и крупного масштаба. Спутниковые данные позволяют идентифицировать состояние русловых процессов, границы водосборов и особенности баланса водоемов (рис. 1).

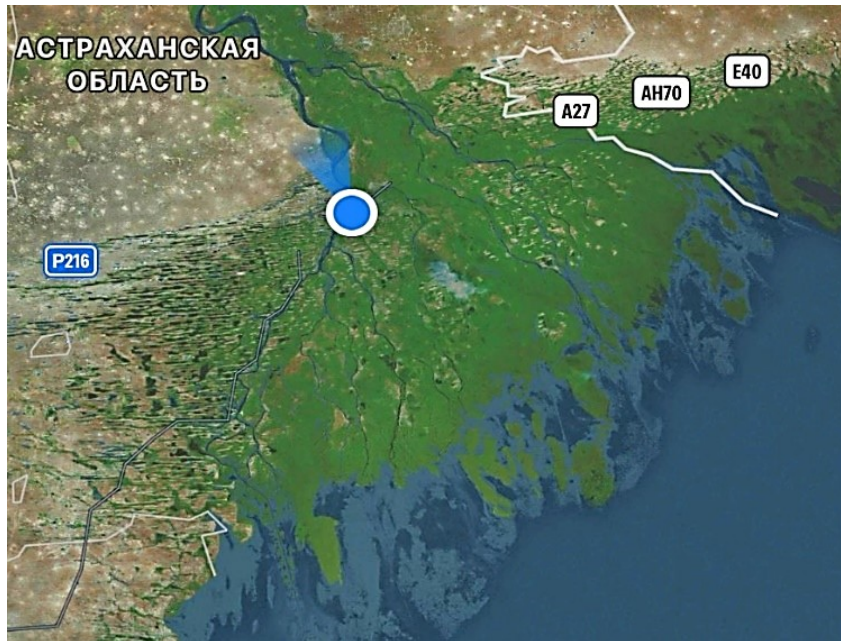


Рисунок 1 – Спутниковый снимок дельты реки Волги

Для дельты Волги, отличающейся разнообразием рукавов, гидрологические карты приобретают особое значение. Они позволяют комплексно представить пространственные взаимосвязи многочисленных водных объектов и оценить их взаимодействие (рис. 2).

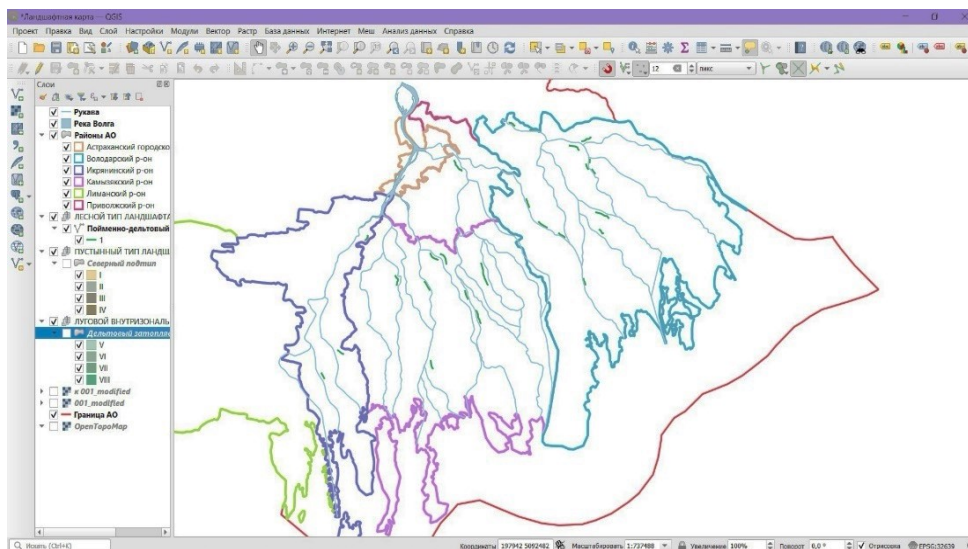


Рисунок 2 – Схематическая карта гидрографической сети дельты реки Волги

Отдельным направлением является построение тематических карт, демонстрирующих конкретные параметры гидрологической системы: качество воды, интенсивность стока, уровень и сезонные колебания. Геоинформационные системы широко используются для их разработки, позволяя обрабатывать массивы данных и визуализировать их в виде картодиаграмм [10].

Например, возможно создание карт, отражающих взаимосвязь типа ландшафта и количества водотоков в пределах дельтовой территории. Такой подход помогает выявлять закономерности в формировании пойменных лугов, затопленных территорий, островных экосистем и аквальных комплексов различного генезиса (рис. 3).

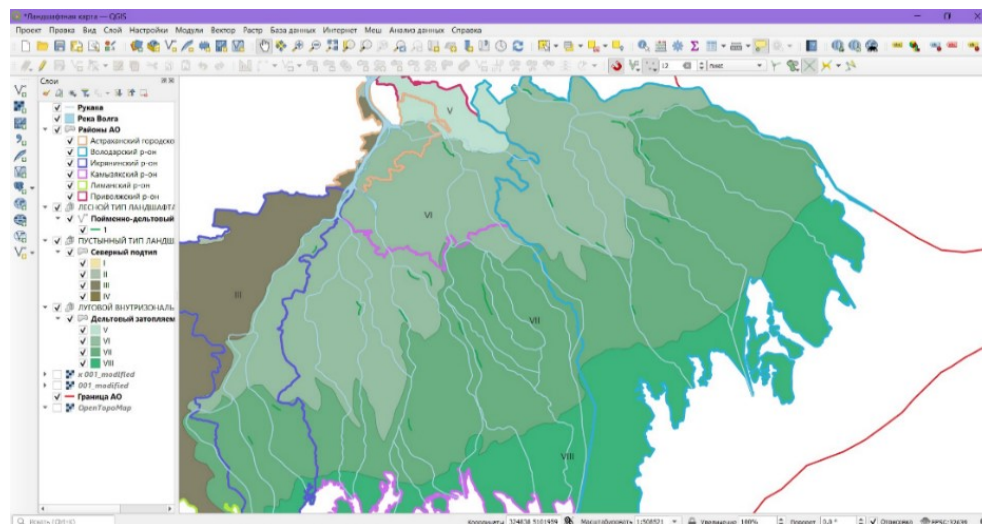


Рисунок 3 – Схематическая карта ландшафтов дельты реки Волги

Чем более разветвленной является сеть каналов и рукавов, тем сильнее разнообразие гидроморфных ландшафтов. Это выражается в формировании пойм, болотистых лугов, островов и систем пресноводных и морских экосистем [3, 9].

Использование высокорезолюционных спутниковых данных позволяет анализировать сезонную и многолетнюю динамику растительного покрова в дельте Волги. Сопоставление картографических материалов разных лет показывает, что изменения в количестве протоков и уровне подтопления напрямую связаны с трансформацией гидроморфных ландшафтов: сокращением площадей пойменных лугов и расширением зон тростниковых зарослей. Включение этих данных в гидрологические модели позволяет не только отслеживать текущие изменения, но и прогнозировать развитие экосистем дельты в будущем.

Значительное внимание в современных исследованиях уделяется гидрологическому моделированию. Такие модели используются для прогнозирования поведения водных систем при изменяющихся природных условиях и антропогенной нагрузке [7, 8]. Они строятся на принципах гидрологического цикла и включают описания геологических, климатических и географических факторов.

Результаты моделирования обычно представляются в картографической форме и в виде графиков, что делает их удобными для интерпретации и использования в практических целях.

Картографические исследования в гидрологии предполагают использование широкого спектра аналитических приемов. Методы интерполяции позволяют заполнять недостающие значения при неполном охвате территории наблюдений. Классификационные алгоритмы и система условных обозначений позволяют выделять ключевые особенности и строить карты различной степени детализации [12]. Использование компьютерных технологий и автоматизированных программ повышает точность получаемых картографических материалов.

В перспективе картографические методы могут быть использованы для более точного прогнозирования экстремальных гидрологических явлений – наводнений и засух, а также для моделирования воздействия изменения климата на дельтовую систему. Сочетание дистанционного зондирования, ГИС и гидродинамических моделей создает условия для построения комплексных сценариев устойчивого развития дельты Волги и разработки рекомендаций по рациональному использованию водных ресурсов региона.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования подтвердили высокую эффективность картографических методов в гидрологических исследованиях дельты Волги, позволяющих интегрировать пространственные данные и выявлять ключевые закономерности в функционировании водных систем. Дистанционное зондирование и технологии ГИС обеспечили точное картографирование водной сети, динамики стока, с выявленными тенденциями деградации водотоков. Гидрологические модели продемонстрировали способность прогнозировать изменения под влиянием климата и антропогенных факторов, с точностью до 80–90 % в сценариях наводнений.

Следовательно, эти подходы улучшают визуализацию и анализ дельтовых комплексов, способствуя рациональному управлению гидрологическими ресурсами, а интеграция методов позволяет прогнозировать экстремальные и минимизировать экологические риски.

Список литературы

1. Иолин М. М., Борзова А. С. Основные направления динамики антропогенного воздействия на аквальные комплексы // Геология, география и глобальная энергия. 2021. № 2 (81). С. 125–130.
2. Карабаева А. З. Картографирование ильменей и прилегающей растительности на территории Западных Подстепных ильменей / А.З. Карабаева, М. В. Широков, А. В. Вайчулис // Астраханский вестник экологического образования. 2025. № 4 (88). С. 33–42.
3. Кондрашин Р. В., Бармин А. Н., Иолин М. М., Стебенькова М. А. Экогидрологические особенности Астраханской области // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. 2006. № 1(14). С. 53–56.
4. Кондрашин Р. В., Крыжановская Г. В. Геоинформационное эколого-географическое картографирование на примере водных объектов // Современные исследования в науках о Земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспективы внедрения: материалы IV Международной научно-практической конференции / составитель Е. А. Колчин. Астрахань, 2022. С. 109–112.
5. Крыжановская Г. В., Колчин Е. А., Чигина Т. С., Борзова А. С. Рекомендации по созданию водоохраных мероприятий на основе геоэкологического мониторинга природных вод // Геология, география и глобальная энергия. 2015. № 4 (59). С. 89–96.
6. Крыжановская Г. В., Старков Е. В., Шереметов Р. Х. Картографирование геоэкологической ситуации водотоков агломератов на примере рукава кутум города Астрахани на основе химического анализа поверхностных вод // Естественные науки. 2023. № 4 (13). С. 42–50.
7. Ломова Л. А. Изучение водных ресурсов: история и современность // Краеведческие записки: сборник статей. Курск: Инвестсфера, 2016. Вып. 1. С. 28–31.
8. Острикова Е. Е., Иолин М. М., Романова А. А., Завьялова О. В. Геоэкологическая оценка вод Каспийского моря // Туризм и рекреация: инновации и ГИС-технологии: материалы XI Международной научно-практической конференции, Астрахань, 24–25 мая 2019 года. Астрахань: Новая Линия, 2019. С. 151–153.
9. Сарбаева А. К., Безуглова М. С. Области реализации экологических карт на примере Астраханского региона // Экология России: на пути к инновациям. 2014. № 9. С. 15–17.
10. Сурков П. С., Чернышова А. С. Использование ГИС программы при создании и обновлении картографического материала на примере Астраханской области // Достижения вузовской науки – 2022: сборник статей XXI Международного научно-исследовательского конкурса. Пенза, 2022. С. 235–237.
11. Шарова И. С., Крыжановская Г. В., Безуглова М. С. Методы изучения геоэкологических особенностей территории с помощью геоинформационных систем // Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы: материалы IV Международной научно-практической конференции. Астрахань: Астраханский государственный университет, 2021. С. 146–151.
12. Bezuglova M. S., Sharova I. S., Kryzhanovskaya G. V., Buzyakova I. V., Dmitrieva M. V. Geoinformation methods of geoeological features of the territory study // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk: IOP Publ. Ltd, 2021. Vol. 677. P. 32086.

References

1. Iolin M. M., Borzova A. S. The main directions of the dynamics of anthropogenic impact on water complexes. *Geology, Geography and Global Energy*. 2021;2(81):125–130 (In Russ.).
2. Karabaeva A. Z., Shirokov M. V., Vaichulis A. V. Mapping of ilmeni and adjacent vegetation on the territory of the Western Steppe ilmeni. *Astrakhan Bulletin of Ecological Education*. 2025;4(88):33–42 (In Russ.).
3. Kondrashin R. V., Barmin A. N., Iolin M. M., Stebenkova M. A. Ecohydrological features of the Astrakhan region. *South Russian Bulletin of Geology, Geography and Global Energy*. 2006;1(14):53–56 (In Russ.).
4. Kondrashin R. V., Kryzhanovskaya G. V. Geoinformation ecological and geographical mapping on the example of water bodies. *Modern research in the Earth sciences: retrospective, current trends and prospects for implementation: materials of the IV International Scientific and Practical Conference*. Compiled by E. A. Kolchin. Astrakhan; 2022:109–112 (In Russ.).
5. Kryzhanovskaya G. V., Kolchin E. A., Chigina T. S., Borzova A. S. Recommendations for the creation of water protection measures based on geoeological monitoring of natural waters. *Geology, Geography and Global Energy*. 2015;4(59):89–96 (In Russ.).
6. Kryzhanovskaya G. V., Starkov E. V., Sheremetov R. Kh. Mapping of the geoeological situation of agglomerate watercourses using the example of the kutum arm of the city of Astrakhan based on chemical analysis of surface waters. *Natural Sciences*. 2023;4(13):42–50 (In Russ.).

7. Lomova L. A. Study of water resources: history and modernity. *Local history notes: collection of articles*. Volume Issue 1. Kursk: Investsfera Limited Liability Company; 2016:28–31 (In Russ.).
8. Ostrikova E. E., Iolin M. M., Romanova A. A., Zavyalova O. V. Geoecological assessment of the waters of the Caspian Sea. *Tourism and recreation: innovations and GIS technologies: materials of the XI International Scientific and Practical Conference, Astrakhan, May 24–25, 2019*. Astrakhan: Novaya Liniya LLC; 2019:151–153 (In Russ.).
9. Sarbaeva A. K., Bezuglova M. S. Areas of implementation of environmental maps on the example of the Astrakhan region. *Ecology of Russia: on the way to innovation*. 2014;9:15–17 (In Russ.).
10. Surkov P. S., Chernyshova A. S. Use of the GIS program when creating and updating cartographic material on the example of the Astrakhan region. *Achievements of university science – 2022: collection of articles of the XXI International Research Competition*. Penza; 2022:235–237 (In Russ.).
11. Sharova I. S., Kryzhanovskaya G. V., Bezuglova M. S. Methods for studying the geoecological features of the territory using geographic information systems. *Natural sciences: current issues and social challenges: materials of the IV International Scientific and Practical Conference*. Astrakhan State University. Astrakhan; 2021:146–151 (In Russ.).
12. Bezuglova M. S., Sharova I. S., Kryzhanovskaya G. V., Buzyakova I. V., Dmitrieva M. V. Geoinformation methods of geoecological features of the territory study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Krasnoyarsk: IOP Publ. Ltd., 2021;677:32086.

Информация об авторах

Романова А. А. – аспирант, ассистент кафедры географии, картографии и геологии;
Иолин М. М. – кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой географии, картографии и геологии;
Карабаева А. З. – кандидат географических наук, доцент кафедры географии, картографии и геологии.

Information about the authors

Romanova A. A. – postgraduate student, assistant of the Department of Geography, Cartography and Geology;
Iolin M. M. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Head of the Department of Geography, Cartography and Geology;
Karabaeva A. Z. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, 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 18.11.2025; одобрена после рецензирования 03.12.2025; принята к публикации 24.12.2025.

The article was submitted 18.11.2025; approved after reviewing 03.12.2025; accepted for publication 24.12.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1 (100). С. 101–106.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):101–106 (In Russ.).

Научная статья
УДК 504.06
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.014>

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РОСТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАГРУЗКИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Шарова Ирина Сергеевна^{1✉}, Некозырева Мария Витальевна²
Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
¹is_sharova@mail.ru
²mnekozyreva@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены физические основы формирования электромагнитных полей, их распространение и основные источники в условиях городской среды. В условиях мегаполиса основную долю электромагнитных полей создают электрические сети промышленной частоты и радиотехнические системы связи. Проведен анализ биологического воздействия электромагнитных полей на человека. Основной вклад в формирование электромагнитного фона вносят антропогенные источники. Представлены современные подходы к нормированию и защите от электромагнитных излучений в Российской Федерации. В статье указано, что урбанизированное пространство является зоной повышенной электромагнитной активности, что требует постоянного контроля, совершенствования нормативной базы и внедрения инженерно-технических мер защиты. Понимание спектра воздействий и соблюдение ПДУ позволяет минимизировать риски для здоровья населения в городской среде.

Ключевые слова: электромагнитное поле, изучение, городская среда, СанПиН, ГОСТ, урбанизированные территории, электромагнитная безопасность, источники излучения, защита населения

Для цитирования: Шарова И. С., Некозырева М. В. Геоэкологические последствия роста электромагнитной нагрузки в городской среде // Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1 (100). С. 101–106. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.014>.

GEOECOLOGICAL CONSEQUENCES OF THE INCREASING ELECTROMAGNETIC LOAD IN URBAN ENVIRONMENT

Irina S. Sharova^{1✉}, Maria V. Nekozyreva²
Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
¹is_sharova@mail.ru
²mnekozyreva@mail.ru

Abstract. The article discusses the physical foundations of the formation of electromagnetic fields, their distribution and the main sources in an urban environment. In a metropolis, the main share of electromagnetic fields is created by industrial frequency electrical networks and radio communication systems. An analysis of the biological effects of electromagnetic fields on humans was carried out. The main contribution to the formation of the electromagnetic background is made by anthropogenic sources. Modern approaches to rationing and protection against electromagnetic radiation in the Russian Federation are presented. The article states that urbanized space is a zone of increased electromagnetic activity, which requires constant control, improvement of the regulatory framework and the introduction of engineering and technical protection measures. Understanding the spectrum of impacts and adhering to RTAs minimizes public health risks in urban environments.

Keywords: electromagnetic field, study, urban environment, SanPiN, GOST, urbanized areas, electromagnetic safety, radiation sources, population protection

For citation: Sharova I. S., Nekozyreva M. V. Geoecological consequences of the increasing electromagnetic load in urban environment. *Geology, Geography and Global Energy*. 2026;1(100):101–106. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.014> (In Russ.).

Рост технологической инфраструктуры городов, сопровождающийся увеличением числа источников электромагнитных излучений (ЭМИ) – линий электропередач, радиорелейных станций, базовых станций сотовой связи и бытовых приборов, – формирует сложную электромагнитную обстановку в городской среде [1, 2]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), воздействие электромагнитных полей (ЭМП) стало одним из наиболее значимых антропогенных факторов, влияющих на здоровье населения мегаполисов [3].

Проблема электромагнитной безопасности особенно актуальна для России, где плотность энергетических и телекоммуникационных сетей стремительно возрастает. При этом уровень информированности населения о возможных биологических эффектах ЭМП остается недостаточным, а нормативно-правовые документы требуют регулярного обновления в соответствии с международными рекомендациями ICNIRP и IEEE [4, 5].

Цель данной работы – систематизировать современные представления о характере электромагнитных полей в городской среде, определить основные источники излучений, проанализировать биологические эффекты воздействия ЭМП на организм человека и рассмотреть нормативные и технические подходы к обеспечению электромагнитной безопасности населения.

Электромагнитное поле представляет собой особую форму материи, в которой взаимосвязаны электрическая и магнитная составляющие. Электрическое поле создается неподвижными зарядами, а магнитное – движущимися заряженными частицами [6].

Фундаментальная взаимосвязь между электрическим и магнитным полями выражается уравнениями Максвелла, согласно которым изменяющееся во времени электрическое поле порождает магнитное, и наоборот – изменяющееся магнитное поле индуцирует вихревое электрическое поле. Таким образом, электромагнитное поле существует как единая система взаимно обусловленных компонент [7].

Электромагнитная волна характеризуется длиной волны λ , частотой f и скоростью распространения V , которые связаны зависимостью:

$$\lambda = \frac{V}{f},$$

где V – скорость распространения волны в данной среде. В вакууме она равна скорости света 3×10^8 м/с.

Полный спектр электромагнитных волн охватывает диапазон от крайне низких частот (до 30 Гц) до гипервысоких (свыше 3 ТГц) [8]. Этот диапазон используется в различных отраслях техники – от систем электроснабжения до радиосвязи и медицинских технологий.

Современная городская среда насыщена множеством источников электромагнитных излучений как природного, так и техногенного происхождения. Основной вклад в формирование электромагнитного фона вносят антропогенные источники – линии электропередач, системы электроснабжения зданий, бытовая техника, средства связи и транспортные системы [9].

В таблице 1 приведены основные типы источников ЭМП, их характерные диапазоны частот и особенности воздействия.

Таблица 1 – Основные источники электромагнитных полей в городской среде

Источник электромагнитного поля	Диапазон частот	Тип излучения	Особенности влияния
Линии электропередач (ЛЭП)	50 Гц	Электрическое и магнитное поля промышленной частоты	Создают устойчивое поле в пределах десятков метров, воздействие зависит от класса напряжения
Бытовые электроприборы	50 Гц – 2,45 ГГц	Переменное и микроволновое излучение	Сильное локальное воздействие, зависящее от мощности прибора
Компьютеры, видеотерминалы	5 Гц – 1 ГГц	Электромагнитное, электростатическое	Формируют сложный спектр ЭМП, особенно при работе с ЭЛТ-мониторами
Сотовая связь и базовые станции	900 МГц – 2,4 ГГц	Радиочастотное излучение	Формируют зоны повышенного радиационного фона вблизи антенн и ретрансляторов
Радио- и телевещательные передатчики	30 МГц – 3 ГГц	Ультравысокие и сверхвысокие частоты	Основной источник ЭМИ в городской черте, особенно на возвышенных точках
Электротранспорт (трамвай, метро)	16–50 Гц	Магнитное поле промышленной частоты	Высокие уровни ЭМП внутри подвижного состава и вблизи тяговых подстанций
Радарные и навигационные установки	3–30 ГГц	СВЧ-излучение	Коротковолновое, направленное, может создавать опасные уровни излучения при прямом воздействии

Для визуализации пространственного распределения источников электромагнитных полей в городской среде была построена карта-схема, отображающая основные элементы энергетической и телекоммуникационной инфраструктуры на примере города Астрахани (рис.). На нее нанесены центры питания различной степени загрузки, радиовещательные передатчики, железнодорожные линии, федеральные и региональные трассы.

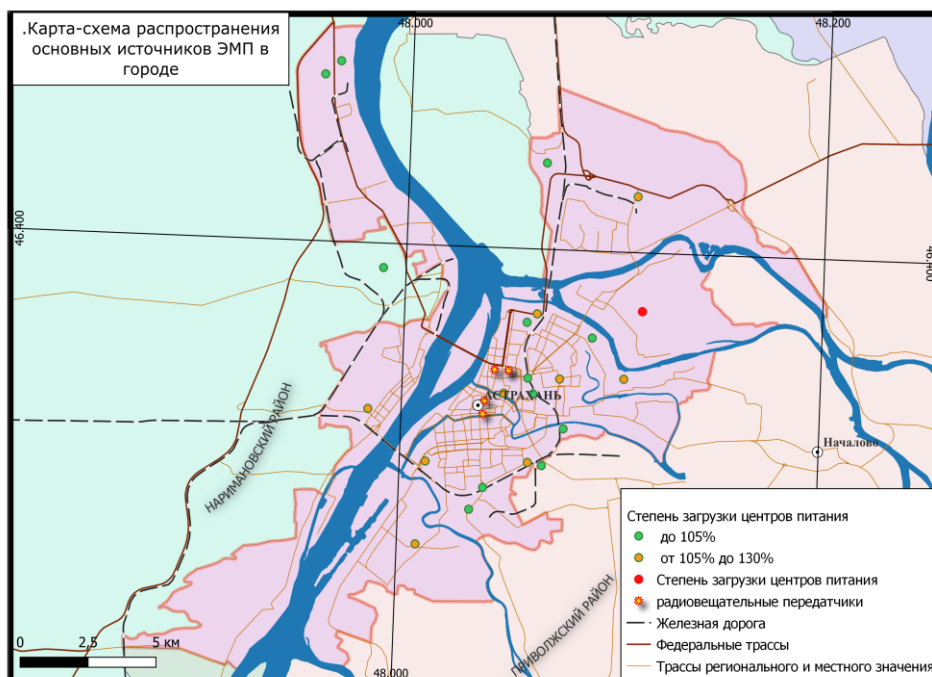


Рисунок – Карта-схема распространения основных источников электромагнитных полей на территории города Астрахани

Как видно из карты, наибольшая концентрация потенциальных источников ЭМП наблюдается в центральной и прибрежной частях города, что связано с высокой плотностью застройки и инженерных коммуникаций. Основными источниками электромагнитного поля являются радио- и телевещательные передатчики с диапазоном частот 30 МГц – 3 ГГц. Их особенность влияния в том, что ультравысокие и сверхвысокие частоты наблюдаются в городской черте, особенно на возвышенных точках.

В условиях мегаполиса основную долю ЭМП создают электрические сети промышленной частоты (50 Гц) и радиотехнические системы связи. Распространение электромагнитного поля от линий электропередач зависит от класса напряжения и силы тока, а также от геометрии проводников. Зона повышенной напряженности может достигать 30–50 м для ЛЭП 220–330 кВ и более 100 м для ЛЭП 500 кВ [10].

Особую роль в формировании электромагнитной обстановки играют персональные компьютеры и бытовая техника, широко распространенные в жилых и офисных помещениях. По данным исследований Института медицины труда РАН, уровень магнитного поля у поверхности корпуса монитора может составлять до 250 нТл при частоте 50 Гц, что, хотя и не превышает санитарные нормы, при длительном воздействии может вызывать функциональные изменения в нервной системе [11].

Базовые станции сотовой связи (БС) и мобильные радиотелефоны (МРТ) являются источниками излучения ультравысоких и микроволновых диапазонов. Их воздействие на население регулируется санитарными нормами, устанавливающими предельно допустимую плотность потока энергии (ППЭ) в пределах 10 мкВт/см² [12].

В городах также наблюдается совокупный эффект наложения нескольких источников ЭМП, особенно в районах плотной застройки. В таких условиях формируется интерференционная картина электромагнитного поля, при которой локальные значения напряженности могут значительно превышать средний фоновый уровень [13].

Таким образом, источники ЭМП в городской среде различаются по физической природе, спектральным характеристикам и условиям воздействия, что необходимо учитывать при оценке потенциальных рисков для здоровья человека.

Электромагнитные поля (ЭМП) оказывают на организм человека широкий спектр воздействий, зависящий от частоты, интенсивности и длительности облучения. В научной литературе различают два основных типа эффектов: тепловые и нетепловые [14].

Тепловые эффекты возникают при высокочастотном излучении (СВЧ-диапазон), когда поглощаемая энергия приводит к повышению температуры тканей. Чаще всего тепловое воздействие проявляется в поверхностных тканях кожи и глаз, а при превышении допустимых уровней возможно повреждение клеток и функциональных структур [15].

Нетепловые эффекты фиксируются при воздействии низкочастотных и ультравысокочастотных полей в пределах нормативных значений. К ним относятся:

- изменение биопотенциалов нервной и мышечной ткани;
- нарушения сна и когнитивных функций;
- влияние на сердечно-сосудистую систему и эндокринные органы;
- возможное снижение иммунитета при длительном воздействии [16].

Для оценки допустимых уровней воздействия используют предельно допустимые уровни (ПДУ), установленные ГОСТ Р 50930-96 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. ПДУ зависят от частоты, интенсивности поля и времени экспозиции. Таблица 2 демонстрирует основные значения ПДУ для различных диапазонов частот.

Таблица 2 – ПДУ электромагнитных полей по ГОСТ и СанПиН

Диапазон частот	ПДУ по ГОСТ, В/м	ПДУ по СанПиН, В/м	Особенности применения
0,05–10 Гц	5 000	5 000	Низкочастотные промышленные поля
10–400 Гц	1 000	1 000	Электросети, бытовые приборы
0,4–3 кГц	87	87	Радиотехнические устройства
3–30 кГц	87	87	Локальные линии связи
30–300 МГц	28	28	Радио- и ТВ-вещание
0,3–3 ГГц	10	10	Сотовая связь, Wi-Fi
3–300 ГГц	1	1	СВЧ-излучение, радары

Исследования последних лет показывают, что длительное воздействие ЭМП даже в пределах ПДУ может оказывать кумулятивное влияние на организм. Например, наблюдается рост частоты субклинических изменений нервной системы у работников, длительно экспонируемых вблизи линий электропередач и промышленных установок [17].

Особенности воздействия на разные системы организма:

1. Нервная система: изменения биоэлектрической активности мозга, снижение концентрации и ухудшение памяти.
2. Сердечно-сосудистая система: колебания артериального давления и частоты сердечных сокращений.
3. Иммунная система: снижение активности лимфоцитов и повышение восприимчивости к инфекциям.
4. Эндокринная система: возможные изменения уровня мелатонина, влияющие на сон и биоритмы [18].

Таким образом, понимание спектра воздействий и соблюдение ПДУ позволяет минимизировать риски для здоровья населения в городской среде.

Защита человека от неблагоприятного биологического действия ЭМП строится по трем основным направлениям: организационные, инженерно-технические и лечебно-профилактические меры.

К организационным мероприятиям относятся: выбор режима работы излучающего оборудования, обеспечивающий уровень излучения ниже ПДУ; ограничение места и времени пребывания в зоне действия ЭМП (защита временем или расстоянием); обозначение и ограждение зон с повышенным уровнем ЭМП. Защита временем применяется, если невозможно снизить интенсивность излучения, и учитывает обратную зависимость между плотностью потока энергии и временем облучения. Защита расстоянием основана на законе обратной пропорциональности квадрату расстояния и входит в основу санитарно-защитных зон.

К инженерно-техническим мероприятиям относятся: экранирование источников ЭМП или людей от излучения (например, металлические экраны, стеновые покрытия специальной краской с токопроводящими пигментами) либо снижение эмиссионных параметров источника на стадии проектирования. Защита от электрического поля промышленной частоты может осуществляться посредством санитарно-защитных зон и экранирования жилых помещений; защита от магнитного поля промышленной частоты возможна преимущественно на стадии проектирования объекта за счет векторной компенсации, поскольку экранирование такого поля чрезвычайно сложно и дорого.

Меры включают: организацию и контроль выполнения гигиенических нормативов, выявление профессиональных заболеваний, разработку мер по улучшению условий труда и быта, повышению устойчивости организма к воздействию неблагоприятных факторов среды. В бытовых условиях рекомендуется: исключение длительного пребывания в зоне повышенного магнитного поля промышленной частоты; удаление спального места от источников облучения на расстояние 2,5–3 м; измерение уровней ЭМП при наличии неизвестных кабелей, трансформаторных подстанций; выбор систем электрообогрева с пониженным уровнем магнитного поля; использование для ПК-работы фильтров экранов мониторов, снижающих излучение и улучшая эргономику.

При эксплуатации радиотехнических передающих объектов ключевым становится соблюдение санитарных норм и правил, а также наличие санитарного паспорта с границами санитарно-защитной зоны и регулярный инструментальный контроль электромагнитной обстановки. Для пользователей мобильных телефонов рекомендуется: ограничить длительность разговоров (3–4 мин), не допускать использование детьми, выбирать приложения с меньшей мощностью излучения и применять гарнитуру «hands-free» с внешней антенной, размещенной на крыше автомобиля.

Список литературы

1. Баранова К. В., Шарова И. С., Крыжановская Г. В. Зоны ограничения градостроительства в городе Астрахань // Туризм и рекреация: инновации и ГИС-технологии: материалы XV Международной научно-практической конференции / сост.: И. С. Шарова, Г. В. Крыжановская, М. М. Иолин. Астрахань, 2023. С. 12–15.
2. Воздействие электромагнитного поля на здоровье оперативного персонала, работающего на цифровых электрических подстанциях (Соснина и др.) // Экология человека. 2024.
3. Григорьев И. А. Исследования биомедицинских эффектов электромагнитного поля в России за 130 лет: основные этапы развития и формирования научного знания // Радиобиология. Радиоэкология. 2023. Т. 63, № 1. С. 5–18.
4. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. Москва: Изд-во стандартов, 1986. URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/218119 (дата обращения: 09.11.2025).
5. Зарубин А. П. Электромагнитные поля и здоровье человека: библиография 1990–2019 гг. Новосибирск, 2021.
6. Кудинова Е. В., Карловская Н. Н. Комплексный подход к исследованию влияния электромагнитных полей современных коммуникационных устройств на организм человека // Медицинский журнал. 2018. № 4. С. 256.
7. PG&E. Электрические и магнитные поля (ЭМП): изучить потенциальные эффекты ЭМП на здоровье. URL: <https://www.pge.com/ru/outages-and-safety/safety/electric-safety/electromagnetic-fields.html> (дата обращения: 07.11.2025).
8. Jalilian H., Eeftens M., Ziaei M., Röösli M. Public exposure to radiofrequency electromagnetic fields in everyday microenvironments: An updated systematic review for Europe // Environmental Research. 2019. Vol. 176. P. 108517. DOI: 10.1016/j.envres.2019.05.048.
9. Johansson O. Electrohypersensitivity // Electromagnetic Biology and Medicine. 2006. Vol. 25. P. 245–258.
10. The WHO-commissioned systematic reviews on health effects of radiofrequency radiation provide no assurance of safety // Environmental Health. 2025. Vol. 24. P. 70. DOI: 10.1186/s12940-025-01220-4.

References

1. Baranova K. V., Sharova I. S., Kryzhanovskaya G. V. Urban Planning Restrictions Zones in the City of Astrakhan. *Tourism and Recreation: Innovations and GIS Technologies: materials of the XV International Scientific and Practical Conference*. Compiled by I. S. Sharova, G. V. Kryzhanovskaya and M. M. Iolin. Astrakhan; 2023:12–15 (In Russ.).
2. The impact of the electromagnetic field on the health of operational personnel working at digital electrical substations (Sosnina et al.). *Human Ecology*. 2024 (In Russ.).
3. Grigoriev I. A. Research on the biomedical effects of the electromagnetic field in Russia over 130 years: the main stages of development and formation of scientific knowledge. *Radiobiology. Radioecology*. 2023;63;1:5–18 (In Russ.).
4. GOST 12.1.006-84. *Occupational Safety Standards System. Electromagnetic Fields of Radio Frequencies. Permissible Levels in Workplaces and Requirements for Monitoring*. Moscow: Publishing House of Standards, 1986. URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/218119 (accessed 09.11.2025) (In Russ.).
5. Zarubin A. P. *Electromagnetic Fields and Human Health: Bibliography 1990–2019*. Novosibirsk, 2021 (In Russ.).
6. Kudinova E. V., Karlovskaya N. N. A Comprehensive Approach to Studying the Impact of Electromagnetic Fields from Modern Communication Devices on the Human Body. *Medical Journal*. 2018;4:256 (In Russ.).
7. PG&E. *Electric and magnetic fields (EMF): Explore the potential health effects of EMF*. URL: <https://www.pge.com/ru/outages-and-safety/safety/electric-safety/electromagnetic-fields.html> (accessed 07.11.2025) (In Russ.).
8. Jalilian H., Eeftens M., Ziaei M., Röösli M. Public exposure to radiofrequency electromagnetic fields in everyday microenvironments: An updated systematic review for Europe. *Environmental Research*. 2019;176:108517. DOI: 10.1016/j.envres.2019.05.048.
9. Johansson O. Electrohypersensitivity. *Electromagnetic Biology and Medicine*. 2006;25:245–258.
10. The WHO-commissioned systematic reviews on health effects of radiofrequency radiation provide no assurance of safety. *Environmental Health*. 2025;24:70. DOI: 10.1186/s12940-025-01220-4.

Информация об авторах

Шарова И. С. – кандидат географических наук, доцент кафедры географии, картографии и геологии;
Некозырева М. В. – студент первого курса магистратуры.

Information about the authors

Sharova I. S. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor of the Department of Geography,
Cartography and Geology;

Nekozyreva M. V. – first-year 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 05.12.2025; одобрена после рецензирования 23.12.2025; принята
к публикации 19.01.2026.

The article was submitted 05.12.2025; approved after reviewing 23.12.2025; accepted for publication
19.01.2026.

ГЕОЭКОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1(100). С. 107–113.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):107–113 (In Russ.).

Научная статья
УДК 628.193
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.015>

ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В УСЛОВИЯХ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЗАХСТАНА

Морозова Лариса Александровна^{1✉}, Дымова Татьяна Владимировна²
Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
¹larisa.mor@bk.ru[✉]
²tdimova60@mail.ru

Аннотация. Проведение нефтепоисковых работ и развитие нефтегазового комплекса связано с потенциальной угрозой нарушения экологического состояния природных объектов. Особого внимания заслуживает оценка возможных рисков и контроль негативных последствий освоения месторождений углеводородов такого уникального природного объекта, как Каспийское море. В статье рассматриваются некоторые природные особенности Каспия и антропогенные факторы, способные негативно повлиять на экологическое состояние его экосистемы в условиях прогрессирующего развития нефтегазового комплекса. Приводятся физико-географические, геоморфологические особенности залегания нефтеносных пород; некоторые характеристики нефтегазовых регионов Каспийского бассейна. Освещаются такие природные и техногенные проблемы, угрожающие целостности экологической системы, как: циклические колебания уровня моря; стоннонагонные явления; геодинамическая нестабильность; загрязнения от плохо законсервированных и подвергшихся затоплению нефтяных скважин; особенности поведения нефти в морской воде.

Ключевые слова: нефть, Каспийское море, запасы углеводородов, месторождения, загрязнение, экосистема

Для цитирования: Морозова Л. А., Дымова Т. В. Основные источники загрязнения Каспийского моря в условиях разработки нефтегазовых месторождений Казахстана // Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1 (100). С. 107–113. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.015>.

MAIN SOURCES OF POLLUTION IN THE CASPIAN SEA DURING THE DEVELOPMENT OF KAZAKHSTAN'S OIL AND GAS FIELDS

Larisa A. Morozova^{1✉}, Tatiana V. Dymova²
Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
¹larisa.mor@bk.ru[✉]
²tdimova60@mail.ru

Abstract. Oil exploration and development of the oil and gas industry are associated with the potential threat of environmental degradation. Particular attention should be paid to assessing potential risks and monitoring the negative impacts of hydrocarbon deposit development in such a unique natural environment as the Caspian Sea. This article examines some of the Caspian Sea's natural features and anthropogenic factors that could negatively impact the ecological state of its ecosystem in the context of the progressive development of the oil and gas industry. The article presents the physical, geographical, and geomorphological features of oil-bearing rock occurrence, as well as some characteristics of the oil and gas regions of the Caspian Basin. The article also highlights natural and man-made problems that threaten the integrity of the ecological system, including: cyclical sea level fluctuations; surge phenomena; geodynamic instability; pollution from poorly mothballed and flooded oil wells; and the behavior of oil in seawater.

Keywords: oil, Caspian Sea, hydrocarbon reserves, deposits, pollution, ecosystem

For citation: Morozova L. A., Dymova T. V. Main sources of pollution in the Caspian Sea during the development of Kazakhstan's oil and gas fields. *Geology, Geography and Global Energy.* 2026;1(100):107–113. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.015> (In Russ.).

В связи с интенсивным освоением нефтегазовых месторождений на побережье и шельфе Каспийского моря, вопросы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов приобретают важное значение как в техническом, так и в экологическом плане.

Геофизические исследования свидетельствуют о том, что Каспийское море – один из самых перспективных регионов по потенциальным запасам углеводородных ресурсов. Интенсификация разработок и освоения месторождений заслуживает особого внимания всех Прикаспийских государств, заинтересованных не только в получении дохода от ценнейшего сырья, но и в сохранении экологической стабильности уникального природного водоема. Следовательно, раскрытие и изучение природных и техногенных проблем, угрожающих целостности экологической системы Каспийского моря в условиях разработки и освоения ресурсов углеводородов, является актуальным направлением исследования и определяет цель данной работы.

В задачи исследования входило: краткое описание физико-географических особенностей Каспийского моря; характеристика состояния нефтегазоносных регионов прибрежной и шельфовой зоны Каспия на территории Республики Казахстан; описание источников загрязнения и их влияния на акваторию и биоту Каспия.

Каспийское море – крупнейший замкнутый водоем в мире, его площадь составляет 429 000 км², длина – 1 160 км, ширина – 330 км, протяженность берегов по периметру превышает 6 400 км.

Средние глубины в северной части 26 метров, в средней – 957 метров, в южной – 960 метров. Максимальная глубина составляет 1 025 метров. Объем воды Каспийского моря равен 78 000 км³. Водный бассейн превышает 3 770 км². Ежегодно в Каспийское море вливается от 260 до 340 км³ воды, из которых 81 % приходится на сток реки Волги, с которым поступает в Северный Каспий примерно 80–90 % загрязнений, среди которых нефтепродукты, фенолы, СПАВ, органические вещества, металлы и др. [22].

В Каспийском море живет 727 видов разнообразных животных, 374 из которых (или 7 %) считаются уникальными и живущими исключительно в этих водах. Особую ценность имеют осетровые – Каспийское море дает 90 % мировой осетровой икры [14].

Каспийское море по своим физико-географическим особенностям является уникальным природным объектом, не имеющим аналогов на Земле. Изолированность от Мирового океана, низкое гипсометрическое положение стали основой для формирования этого водоема в качестве накопительного бассейна для поверхностных и подземных вод, воздушных примесей природного и техногенного происхождения с территории части Восточно-Европейской равнины, Урала, Кавказа, Иранского нагорья и отчасти Туранской низменности [4].

Площадь нефтегазоносных регионов Казахстана – 698·10⁹ м² при общей площади государства 2 717·10⁹ м². На них открыто 166 месторождений углеводородов. Территория нефтегазовых комплексов Прикаспия примыкает к побережью такого уникального по запасам рыбы водоема, как Каспийское море (рис.).

Разведанные запасы углеводородного сырья разрабатываемых и подготовленных к разработке месторождений оцениваются в 2,1 млрд т нефти, 1,7 трлн м³ природного газа и 0,7 млрд т газового конденсата.

В наибольшей мере отработаны такие крупнейшие надсолевые месторождения Казахстана, как Мангистауские и ряд менее крупных Эмбинских месторождений. На современном этапе для извлечения нефти на этих месторождениях используется метод внутриконтурного заводнения. При добыче на поверхность извлекаются большие объемы пластовой высокоминерализованной воды. На старых отработанных промыслах обводненность нефти достигает 80–90 % и более. Доведение нефти старых месторождений до товарной кондиции требует решения ряда вопросов технологического и экологического плана [6, 11, 15, 19].

Нефть и газ перспективных подсолевых месторождений Карачаганак, Тенгиз, Королевское залегают на глубине более 5 км, характеризуются высокими пластовыми давлениями порядка 60–90 МПа и аномально высоким содержанием сернистых соединений. Разрабатываются эти месторождения фонтанным способом.

По геофизическим прогнозам, наиболее перспективные залежи обнаружены на шельфе Каспийского моря в его северо-восточной части, составляющие по мощности 31,8 млрд т. Это также подсолевые нефти. Они подобны Тенгизской и характеризуются высоким газовым фактором и высоким содержанием сернистых соединений.

Каспийское море – один из самых перспективных регионов по содержанию углеводородов. По запасам нефти Каспийское море уступает Персидскому заливу, но превышает Северное море в 2 раза [25]. По оценкам Международного института стратегических исследований в Лондоне, потенциальные запасы нефти Каспия составляют 31,8 млрд т и газа – 10 трлн м³ (табл.).

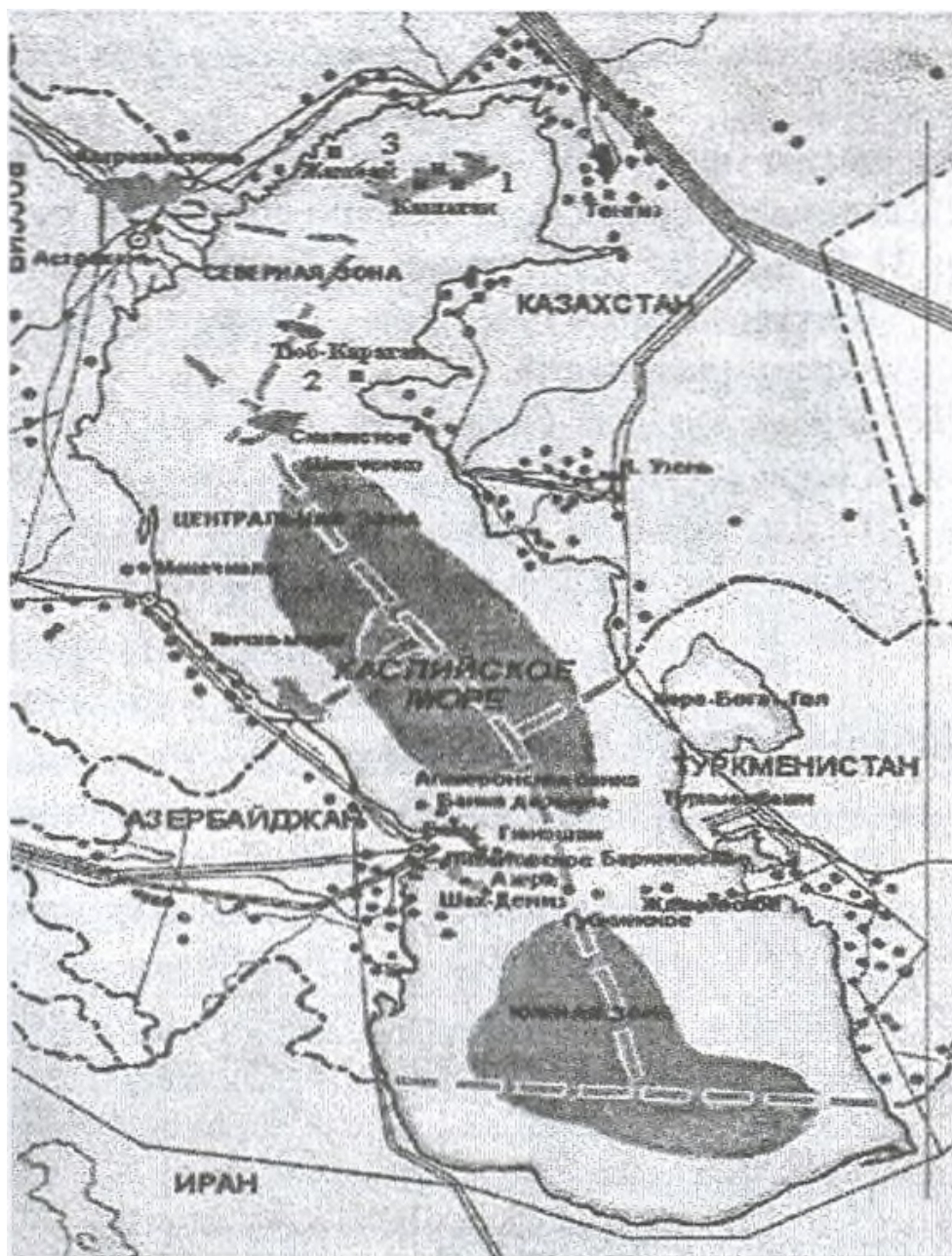


Рисунок – Расположение нефтегазовых месторождений Прикаспия [14]
 Нефтяные месторождения: 1 – Кашаган; 2 – Тоб-Караган; 3 – Жамбай

Таблица – Нефтяные ресурсы Каспия [14]

Страна	Площадь сектора, тыс. км ² , (%)	Число нефтегазоносных структур	Прогнозные ресурсы, млн тонн	Извлекаемые ресурсы, млн тонн	Оценка добычи нефти, млн тонн
Азербайджан	78 (20,7)	137	3 600	1 600	650
Казахстан	113 (29,9)	82	3 400	1 200	500
Туркменистан	79 (19,2)	65	600	250	100
Россия	64 (15,6)	20	400	150	50
Иран	44 (14,6)	43	–	–	–
Всего	378 (100)	347	8 000	3 200	1 300

С учетом диспропорционального распределения углеводородных резервуаров дна Каспийского моря особое беспокойство сторон вызывают те районы моря, где обнаружены или прогнозируются промышленно значимые углеводородные резервуары. В этом плане объектом первоочередного внимания защитников окружающей среды является Северный Каспий, прилегающий к территориям Казахстана и России.

Природными и техногенными факторами, представляющими опасность для экологического состояния Каспийского моря являются: циклические колебания уровня моря; сгонно-нагонные явления; геодинамическая нестабильность; загрязнение от сточных вод, поступающих по рекам и затопленным скважинам; интродукция чужеродных видов, в частности связанная с вселением мнемипсиса; современные техногенные загрязнения, вызванные морскими нефтяными операциями в связи с начавшейся разработкой огромного числа нефтяных месторождений в Каспийском регионе.

Вместе с тем Северный Каспий служит территорией нагула рыб, кормовой базой, своеобразным «детским садом» для многих рыб, местом размножения тюленей, гнездования птиц и т. д.

Загрязнение морской среды является основным фактором, угрожающим сохранению биологического разнообразия и разрушающим среду обитания водных биоресурсов в Каспийском море [12, 17, 18].

Если принять величину потерь нефти равной 0,25 % ее добычи и что около 18 % этих потерь попадает в поверхностные воды, то суммарное мировое поступление нефти в поверхностные водоемы в скором времени должно достигнуть 5 млн т в год.

Наиболее загрязненными районами Северного Каспия являются взморье реки Урал и зона прямого действия стока Волги.

Также существенным источником загрязнения морских вод Северного Каспия являются затопленные прибрежные территории нефтепромыслов.

В 70–80 гг. XX в. на северо-восточном побережье проводилось бурение на поиски нефти. С конца 80-х гг. с поднятием уровня моря прибрежные участки нефтяных промыслов, а также часть ранее пробуренных разведочных законсервированных скважин оказались в зоне затопления и нагонно-сгонной полосе Атырауской области Республики Казахстан. В Магистауской области на площадях Каратурун, Северный Каражанбас и Комсомольская в зоне затопления располагались 26 скважин с истекшими сроками временной консервации [14].

Коррозия защитных механизмов создает потенциальную угрозу утечки углеводородов и загрязнения морской воды.

Течения играют важную роль в гидрологическом и гидрохимическом режиме Каспия. Они обуславливают перенос загрязнений в водоеме. Течения в Северном Каспии отличаются большой временной изменчивостью. Постоянных циркуляций в восточной части Северного Каспия нет [15].

Наряду с этим юго-западный ветер вызывает осенние нагоны, в результате которых затапливается пологая восточная береговая зона с прибрежными нефтепромыслами и старыми заброшенными скважинами. В итоге смытые с побережья нефтепродукты попадают в воды Каспия [14].

Нефтепродукты относятся к числу наиболее распространенных и опасных веществ, загрязняющих поверхностные воды. Нефть и продукты ее переработки представляют собой сложную и непостоянную смесь веществ.

Нефть, попадая в воду, в первые часы за счет испарения теряет около 13 % массы, затем очень быстро распространяется по поверхности в виде пленки различной толщины. Направление растекания и форма нефтяного пятна на поверхности воды зависят от природных факторов: ветра, течений, приливных явлений, плотности структуры водной массы, температуры и др. [3, 23, 24].

В малоподвижной воде нефть вместе с илом и другими взвешенными веществами опускается на дно, а образовавшиеся глобулы после небольшого волнения поднимаются на поверхность.

Растекание нефти – самотормозящееся явление, общая картина которого осложняется образованием эмульсий. Эмульгирование – важный фактор в физическом поведении разлитой в воде нефти. Эмульсия легко образуется при механическом перемешивании за счет волнения на море. В результате этого нефть оказывается суспендированной в виде капелек в морской воде.

В 1987 г. в районе азербайджанских нефтегазразработок в море вылилось 47 000 т сырой нефти [2]. По данным, приведенным в [1], толщина слоя осадочных нефтяных веществ у побережья Азербайджана превышает 5 метров.

Нефтепродукты, попавшие в море, в основной своей массе накапливаются в донных отложениях и служат источником вторичного загрязнения поверхностных вод и биосистемы моря.

Многие из разрабатываемых на Северном Каспии месторождений (Тенгизское, Астраханское, Хвалынское, Кашаган, Кайран, Актоты и др.) характеризуются высокими концентрациями сероводорода в продукции, что при растворении увеличивает общую кислотность воды. Превышение ПДК

сероводорода в воздухе и воде обусловлено утечками продукции скважин. Сероводород на 20 % тяжелее воздуха, поэтому при утечках концентрируется у земной поверхности или над водой. Растворимость сероводорода в воде очень высокая, она пропорциональна концентрации этого газа в контактирующем с водой воздухе. Скорость насыщения воды сероводородом зависит от площади контакта воды и газа. Волнение моря ускорит этот процесс [16].

Таким образом, в результате анализа приведенных данных подтверждается необходимость планомерного и системного подхода к изучению экологической защищенности биосистемы Каспия в свете увеличения объемов добычи нефти, в том числе в связи с морским бурением на шельфе Каспийского моря.

Следовательно, остается актуальным: проведение режимных исследований экологического состояния как водной среды, так и гидробионтов моря; оценка влияния нефтепоисковых работ на экосистемы Каспийского моря; разработка оперативных методов и средств по исследованию особенностей загрязнения моря нефтепродуктами, что позволит сохранить уникальный природный объект от возможной деградации в связи с нефтедобычей и сопутствующих ей операций.

Список литературы

1. Айтаков М. Что ждет тебя, Каспий? // Центральная Азия и Кавказ. 1999. № 1 (2). 67 с.
2. Афшин Данекар. Предупреждение экологического кризиса на Каспийском море // Аму-Дарья. 1999. № 1. С. 48–50.
3. Великий А. Е., Морозова Л. А. Проблемы загрязнения Каспийского моря нефтепродуктами // Геоэкологические проблемы современности и пути их решения: материалы V Всероссийской научно-практической конференции (25 мая 2023 г.). Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2023. С. 43–47.
4. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том VI. Каспийское море. Выпуск I. Гидрометеорологические условия. Ленинград: Гидрометеоздат, 1994. С. 347.
5. ГОСТ 17.1.3.08-82. Правила контроля качества морских вод.
6. ГОСТ 9965-76. Нефть для нефтеперерабатывающих предприятий.
7. ГОСТ 17.1.3.12-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие правила охраны вод от загрязнения при бурении и добычи нефти и газа на суше.
8. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность (Постановление Госстандарта СССР от 24.6.1980 № 3009).
9. Доскалий И. А. Особенности разработки нефтегазовых месторождений ОАО «Казахойл – Эмба» // Проблемы нефтегазового комплекса Казахстана: материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию юбилею акад. Надирова Н.К. Атырау: АНН и Г, 2001. Т. 2. С. 22.
10. Макуев Т. Е., Сериков Т. П., Джигитчиева К. М. Оптимизация процесса электрообессоливания и обезвоживания сырой нефти на установке ЭЛОУ-АТ-2 Атырауского НПЗ // Проблемы нефтегазового комплекса Казахстана: материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию юбилею акад. Надирова Н.К. Атырау, 2001. Т. 2. 201 с.
11. Мансуров Р. М. Химия, Химическая технология // Современные проблемы – 2000. Алматы: КазГУ, 2001. С. 152–176.
12. Карабаева А. З. Геоэкологическая оценка воздействия инженерно-геологических изысканий на биологическую среду в районе нефтегазового участка «Женис» шельфовой зоны Каспия // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 96–104.
13. Катунин Д. Н., Хрипунов И. А., Беспарточный Н. П., Никитина Л. Н., Галушкина Н. В., Радованов Г. В. Влияние волжского стока на гидрологогидрохимический режим Каспийского моря // Каспийский плавучий университет. Бюллетень. 2000. № 1. С. 111–117.
14. Кенжегалиев А. Антропогенная нагрузка морских нефтепоисковых работ на экологию Каспия и методы ее снижения: монография. Алматы: Гылым, 2010. 180 с.
15. Кенжегалиев А. Современное экологическое состояние Казахстанского сектора Каспийского моря. Алматы: НИЦ «Гылым», 2003. 118 с.
16. Кенжегалиев А., Ф. Т. Сериков, А. А. Хасанова Экологическое состояние северного Каспия и его прибрежной зоны // Нефть и газ. 1999. № 1 (5). С. 101–103.
17. Морозова Л. А., А. Н. Корнев Мониторинг нефтяных загрязнений акваторий морей и океанов // Научная реальность и образы будущего в контексте междисциплинарных исследований: материалы XXXVIII Всероссийской научно-практической конференции (14 октября 2021 г.). Ростов-на-Дону: Изд-во Южного университета ИУБиП, 2021. С. 33–35.
18. Мураскалиев Н. А., Морозова Л. А. Влияние загрязнения Каспийского моря на его биоразнообразие // Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы его рационального использования: материалы X Национальной научно-практической конференции (23–25 мая 2023) / Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова. Санкт-Петербург: Сциентиа, 2023. С. 168–175.
19. Надилов Н. К. Нефть и газ Казахстана. В 2-х частях. Алматы: Гылым, 1995. (ч. 1 – 320 с., ч. 2 – 400 с).
20. ОСТ 51. 01-12-87. Охрана природы. Гидросфера. Правила охраны морей от загрязнения при добыче нефти и газа и ремонте скважин на морских месторождениях.
21. ОСТ 51.01-06-85. Охрана природы. Гидросфера. Правила утилизации отходов бурения нефтегазодобычи в море.
22. Семеняк П. В. Эколого-химические закономерности формирования биологической полноценности водной среды Каспийского моря: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Москва, 1996. 48 с.

23. Сериков Ф. Т., Гилязов Е. Г., Оразбаев Б. Б. Процессы самоочищения вод при нефтяных загрязнениях // Проблемы нефтегазового комплекса Казахстана: материалы Международной научно-технической конференции. В 2-х т. Атырау, 2001. Т. 2. С. 388–392.

24. Сюняев З. И., Сюняев Р. З., Сафиева Р. З. Нефтяные дисперсные системы. Москва: Химия, 1990. 226 с.

25. Шапкаузова Т. К., Кунакбаева А. С. Проблемы освоения Каспийского шельфа // Современные проблемы геофизики, геологии, освоения, переработки и использования углеводородного сырья Казахстана: материалы I Международной научно-технической конференции. Атырау, 2000. Т. 2. С. 34.

References

1. Aitakov M. What awaits you. The Caspian Sea? *Central Asia and the Caucasus*. 1999 ; 1(2) : 67 (In Russ.).
2. Afshin Danekar. Prevention of the Environmental Crisis in the Caspian Sea. *Amu Darya*. 1999;1:48–50 (In Russ.).
3. Velikiy A. E., Morozova L. A. Problems of oil pollution of the Caspian Sea. *Geoecological problems of the present and ways of their solution: materials of the V All-Russian scientific and practical conference (May 25, 2023)*. Oryol: OSU named after I.S. Turgenev; 2023:43–47 (In Russ.).
4. *Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas. Volume VI. The Caspian Sea. Issue I. Hydrometeorological conditions*. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1994:347 (In Russ.).
5. GOST 17.1.3.08-82. Rules for monitoring the quality of marine waters (In Russ.).
6. GOST 9965-76. Oil for oil refineries (In Russ.).
7. GOST 17.1.3.12-86. Environmental protection. Hydrosphere. General rules for protecting water from pollution during drilling and extraction of oil and gas on land (In Russ.).
8. GOST 17.1.5.01-80. Environmental protection. Hydrosphere. General requirements for sampling bottom sediments of water bodies for pollution analysis (Resolution of the USSR State Standard № 3009 dated 24.6.1980) (In Russ.).
9. Doskaliev I. A. Features of the development of oil and gas fields of JSC Kazakhoil – Emba. *Problems of the oil and gas complex of Kazakhstan: materials of the international scientific and technical conference, dedicated to the 70th anniversary of akad. Nadirova N.K.* Atyrau: ANN and G., 2001;2:22 (In Russ.).
10. Makuov T. E., Serikov T. P., Dzhigitchieva K. M. Optimization of the process of electric desalination and dewatering of crude oil at the ELOU-AT-2 installation of the Atyrau Refinery. *Problems of the oil and gas complex of Kazakhstan: materials of the international Scientific and technical conference, dedicated to the 70th anniversary of the Academy of Sciences. Nadirova N.K.* Atyrau, 2001;2:201 (In Russ.).
11. Mansurov R. M. Chemistry, Chemical Technology. *Modern Problems – 2000*. Almaty: KazGU; 2001:152–176 (In Russ.).
12. Karabaeva A. Z., Morozova L. A. Geoecological Assessment of the Impact of Engineering and Geological Surveys on the Biological Environment in the Area of the Zhenis Oil and Gas Field in the Caspian Shelf Zone. *Geology, Geography, and Global Energy*. 2023;1(88):96–104 (In Russ.).
13. Katunin D. N., Khripunov I. A., Beshpartochny N. P., Nikotina L. N., Galushkina N. V., Radovanov G. V. Influence of the Volga flow on the hydrological and hydrochemical regime of the Caspian Sea. *Caspian Floating University. Bulletin*. 2000;1:111–117 (In Russ.).
14. Kenzhegaliev A. *Anthropogenic load of offshore oil exploration on the ecology of the Caspian Sea and methods of its reduction*: monograph. Almaty: Gylym; 2010:180 (In Russ.).
15. Kenzhegaliev A. *The current ecological state of the Kazakhstan sector of the Caspian Sea*. Almaty: Gylym. 2003:118 (In Russ.).
16. Kenzhegaliev A., Serikov F. T., Khasanova A. A. Environmental Status of the Northern Caspian Sea and Its Coastal Zone. *Oil and Gas*. 1999;1(5):101–103 (In Russ.).
17. Morozova L. A., Kornev A. N. Monitoring of Oil Pollution in Maritime and Ocean Areas. *Scientific Reality and Images of the Future in the Context of Interdisciplinary Research: Proceedings of the XXXVIII All-Russian Scientific and Practical Conference (October 14, 2021)*. Rostov-on-Don: Southern University Publishing House; 2021:33–35 (In Russ.).
18. Muraskaliev N. A., Morozova L. A. The Impact of Caspian Sea Pollution on Its Biodiversity. *Natural Resource Potential of the Caspian Sea and Adjacent Territories: Problems of Its Rational Use: Proceedings of the 10th National Scientific and Practical Conference (May 23–25, 2023)*; *Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov*. St. Petersburg: Sciencia. 2023 : 168–175 (In Russ.).
19. Nadirov N.K. *Oil and Gas of Kazakhstan*. In 2 parts. Almaty: Gylym; 1995:1–320:2–400 (In Russ.).
20. OST 51. 01-12-87. Environmental Protection. Hydrosphere. Rules for protecting the seas from pollution during oil and gas extraction and well repair at offshore fields (In Russ.).
21. OST 51.01-06-85. Nature Protection. Hydrosphere. Rules for Disposal of Drilling Waste of Oil and Gas Production at Sea (In Russ.).
22. Semenyak P. V. *Ecological and Chemical Patterns of Formation of Biological Completeness of the Caspian Sea Water Environment*: Abstract of the Dissertation for the Degree of Doctor of Biological Sciences. Moscow; 1996:48 (In Russ.).
23. Serikov F. T., Gilazhov E. G., Orazbaev B. B. Processes of self-purification of waters in oil pollution. *Problems of the oil and gas complex of Kazakhstan: materials of the International Conference. Scientific and technical. Conf., after eating. He celebrated his 70th birthday. Academician N. K. Nadirov*. In 2 volumes. Atyrau, 2001;2:388–392 (In Russ.).
24. Syunyaev Z. I., Syunyaev R. Z., Safieva R. Z. *Oil Dispersed Systems*. Moscow: Khimiya Publ.; 1990:226 (In Russ.).

25. Shakkauzova T. K., Kunakbaeva A. S. Problems of the Caspian Shelf Development. *Modern Problems of Geophysics, Geology, Development, Processing and Use of Hydrocarbon Raw Materials of Kazakhstan: materials of the 1st International Scientific and Technical Conference*. Atyrau, 2000;2:34 (In Russ.).

Информация об авторах

Морозова Л. А. – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности;

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

Information about the authors

Morozova L. A. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology, Nature Management, Land Management, and Life Safety;

Dymova T. V. – Candidate of Sciences (Pedagogical), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology, Environmental Management, Land Management and 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 04.11.2025; одобрена после рецензирования 20.11.2025; принята к публикации 14.01.2026.

The article was submitted 04.11.2025; approved after reviewing 20.11.2025; accepted for publication 14.01.2026.

Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1 (100). С. 114–125.
Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):114–125 (In Russ.).

Научная статья
УДК 553.98.061.4
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.016>

РАЗЛОМНО-БЛОКОВЫЕ МОДЕЛИ РЕЗЕРВУАРА НЕФТИ В ГРАНИТНОМ МАССИВЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОЙМАША (ЮЖНЫЙ МАНГЫШЛАК)

Василий Иванович Попков
Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия
geoskubsu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2959-4901>

Аннотация. Несмотря на то, что в различных нефтегазоносных провинциях мира открыто уже несколько сотен месторождений в магматических и метаморфических породах, представительный материал по их строению ограничен, опыта поисково-разведочных работ в этом сложно построенном комплексе мало. В данной работе последовательно и достаточно детально критически анализируются представления различных исследователей об условиях и факторах, контролирующих размещение залежей нефти на Оймашинском месторождении. Приведенные по указанной проблеме сведения позволяют по-новому взглянуть на проблему нефтегазоносности фундамента, а также могут способствовать решению ряда нефтегеологических задач не только на поисковом этапе, но и при дальнейшей разработке скоплений нефти и газа.

Ключевые слова: гранитная интрузия, коллектор, резервуар, залежь нефти, перспективы нефтегазоносности

Для цитирования: Попков В. И. Разломно-блоковые модели резервуара нефти в гранитном массиве месторождения Оймаша (Южный Мангышлак) // *Геология, география и глобальная энергия. 2026. № 1 (100). С. 114–125.* <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.016>.

FAULT-BLOCK MODELS OF AN OIL RESERVOIR IN THE OYMASHA GRANITE MASSIF (SOUTH MANGYSHLAK)

Vasily I. Popkov
Kuban State University, Krasnodar, Russia
geoskubsu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2959-4901>

Abstract. Despite the fact that several hundred oil and gas fields have already been discovered in igneous and metamorphic rocks in various oil-and-gas provinces around the world, there is limited information about their structure, and there is a lack of experience in conducting exploration and development operations in this complex environment. This paper provides a comprehensive and critical analysis of the views of various researchers on the conditions and factors that control the distribution of oil deposits in the Oymashinsky field. The information provided on this issue allows for a new perspective on the problem of oil and gas potential in the basement, and can also contribute to solving a number of oil and gas geological problems, not only during the exploration stage, but also during the subsequent development of oil and gas accumulations.

Keywords: granite intrusion, reservoir, oil deposit, prospects for oil and gas potential

For citation: Popkov V. I. Fault-block models of an oil reservoir in the Oymasha granite massif (South Mangyshlak). *Geology, Geography and Global Energy. 2026;1(100):114–125.* <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2026.100.1.016> (In Russ.).

Введение

По мере истощения запасов углеводородов в осадочном чехле нефтегазоносных территорий геологоразведочными организациями все больше внимания уделяется вопросам поиска нефти и газа в породах фундамента. Несмотря на то, что в различных нефтегазоносных провинциях мира открыто уже несколько сотен месторождений в магматических и метаморфических породах, в настоящее время нет надежных методик их прогноза и поиска. Методические подходы, применявшиеся при поисках скоплений углеводородов в осадочном чехле, здесь не работают, поскольку емкостно-фильтрационные свойства пород фундамента определяются вторичными процессами. Представительный научный материал по известным скоплениям в фундаменте ограничен, опыта поисково-разведочных работ в этом сложно построенном комплексе мало. Поэтому проблема, рассматриваемая в представленной статье, обладает несомненной актуальностью.

В работе последовательно и достаточно детально освещена эволюция представлений об условиях и факторах, контролирующих строение нефтяного резервуара в породах фундамента Оймашинского месторождения, широко распространенных на первых этапах его освоения.

Краткий геологический очерк

Месторождение Оймаша расположено в пределах Песчаномыско-Ракушечной зоны сводовых поднятий, осложняющих южный борт Южно-Мангышлакского прогиба (рис. 1). В строении осадочного разреза принимают отложения юрско-неогенового платформенного чехла и доплитного комплекса, представленного здесь терригенной и вулканогенно-карбонатной формациями верхнего и среднего триаса. Фундамент вскрыт скважинами на глубинах 3 550–3 660 м. Сложен он дислоцированными первично осадочными терригенными породами палеозоя, преобразованными в зеленосланцевой фации регионального метаморфизма, прорванными гранитоидной интрузией каменноугольного возраста. В зоне их контакта отчетливо видны следы термального воздействия магматического расплава на вмещающие отложения. В наиболее эродированных участках фундамента граниты выходят на его поверхность. На породах фундамента развита маломощная площадная кора выветривания [9, 10].

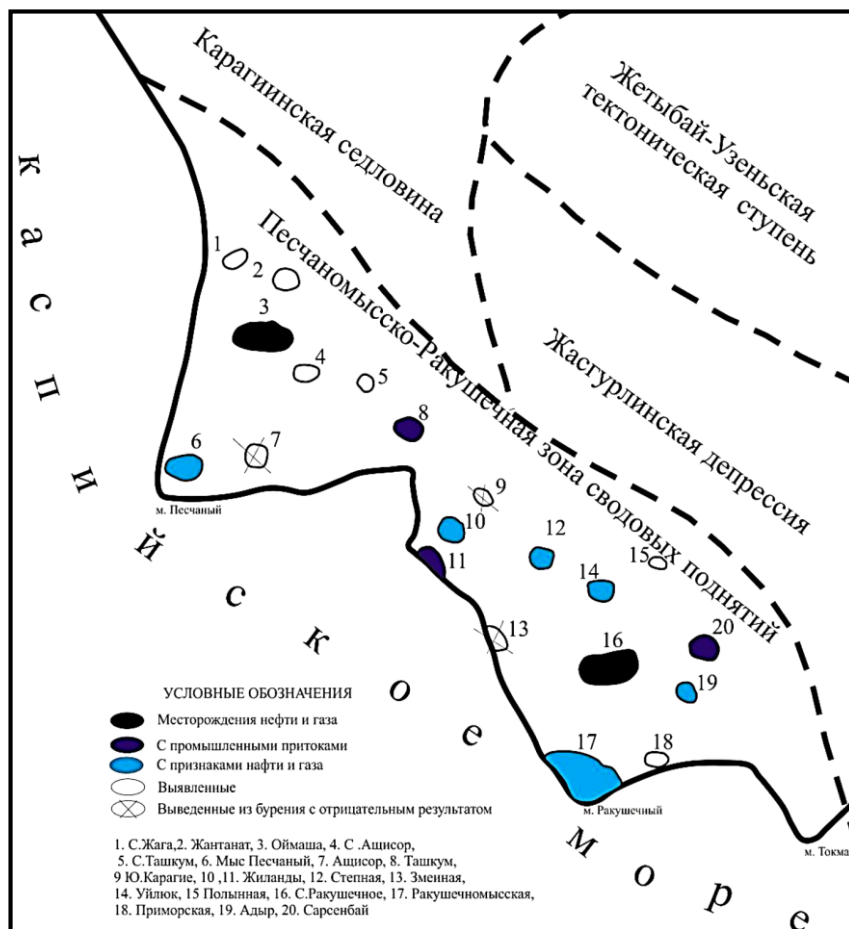


Рисунок 1 – Обзорная схема района исследований

На выровненной денудационной поверхности фундамента залегают слабодислоцированные отложения среднего триаса. Следы контактового метаморфизма в них отсутствуют. Вверх по разрезу они сменяются терригенной толщей верхнего триаса, перекрытой юрско-неогеновыми отложениями платформенного чехла.

На месторождении установлены газонефтяная залежь в базальном горизонте нижней юры, а также залежи нефти в отложениях среднего триаса и в гранитах фундамента и гранитной интрузии. При этом 80 % запасов содержатся в гранитах. Небольшие притоки нефти были получены и из метаморфических пород фундамента [1, 7].

Эволюция представлений о строении резервуара УВ

Представления об особенностях геологического строения и нефтегазоносности Оймашинской площади менялись по мере ее разбуривания [13]. По первоначальным данным сейсморазведочных работ, поднятие Оймаша рисовалось в виде брахиантиклинальной складки субширотного

простираются с размерами 6,5×2,7 км и амплитудой около 30 м. В соответствии с проектом предусматривалось заложение поисковых скважин, расположенных двумя пересекающимися профилями по традиционной методике, применяющейся для опознания антиклинальных структур. Бурение проектировалось на триасовые отложения глубиной 4450 м, вскрытие интрузивно-метаморфического комплекса фундамента не предполагалось, так как считалось, что он залегает здесь на значительных глубинах.

Однако первая пробуренная, как предполагалось, «сводовая» скважина № 9 под отложениями триаса вошла в метаморфические породы палеозоя, а затем вскрыла граниты. Уже в этой скважине были установлены признаки нефти в гранитах, получены притоки нефти из метаморфических пород при пластоиспытаниях, а из отложений триаса – приток нефти дебитом 250 м³/сут. Пробуренные затем скважины № 10 и 11 на периклиналях поднятия оказались по подошве триасовых отложений гипсометрически выше скважины № 9, но притоков из триаса в них не было получено, а заложенная на северном крыле структуры скважина № 12 дала приток нефти из гранитов дебитом 350 м³/сут. (рис. 2). Таким образом, не обнаружилось сколько-нибудь очевидной связи между гипсометрией нефтеносных горизонтов и продуктивностью скважин. Керновый материал свидетельствовал, что нефть получали из объектов, представленных интенсивно трещиноватыми породами, гидротермально измененными, химически выветрелыми. На этом основании было высказано предположение о приуроченности скопления нефти к участкам вторичного разуплотнения пород, связанных с зонами разрывных нарушений [4, 5].

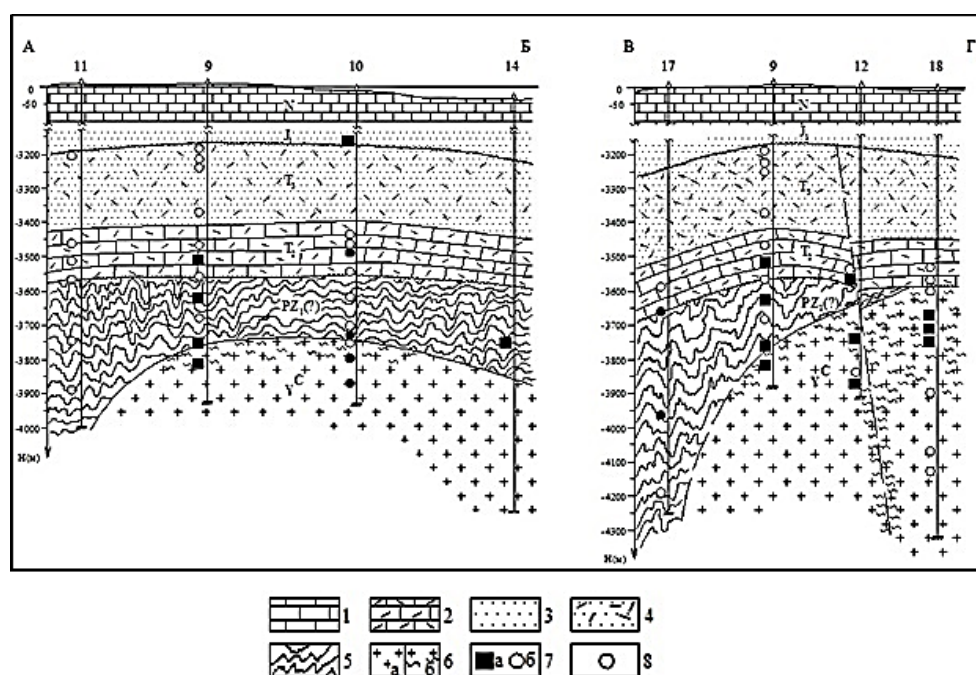


Рисунок 2 – Строение доюрской части разреза месторождения Оймаша [4, 5]. Местоположение разрезов см. на рис. 3. Отложения: 1 – карбонатные, 2 – вулканогенно-карбонатные, 3 – терригенные, 4 – вулканогенно-терригенные; 5 – метаморфические породы; граниты: а – неизменные, б – выветрелые; 7 – притоки: а – нефти, б – газа; 8 – притока не получено

Учитывая, что вторичные коллекторы связаны с трещинами и пустотами наиболее поздних генераций, был выполнен морфометрический анализ ландшафта дневной поверхности этой территории [4]. Было установлено, что Оймашинскому участку соответствует морфоаномалия, близкая к кольцевой, которая четко выделяется как на космо- и аэрофотоснимках, так и на топокартах (рис. 3), соответствующая блоку фундамента, имевшему определенную автономию подвижек в новейшее время.

Существование блока подтверждалось и данными гравиметрических работ. В частности, установленная отрицательная аномалия поля силы тяжести оказалась приуроченной к наиболее приподнятому участку кровли гранитной интрузии (плотность гранитов ниже плотности вмещающих метаморфических пород), а конфигурация изоаномал четко соответствует западному полукольцевому ограничению выделенного блока (рис. 4), что, видимо, связано с резким погружением склона интрузии на этом участке. Подтвердили наличие блока и данные выполненной позже аэромагнитной съемки.

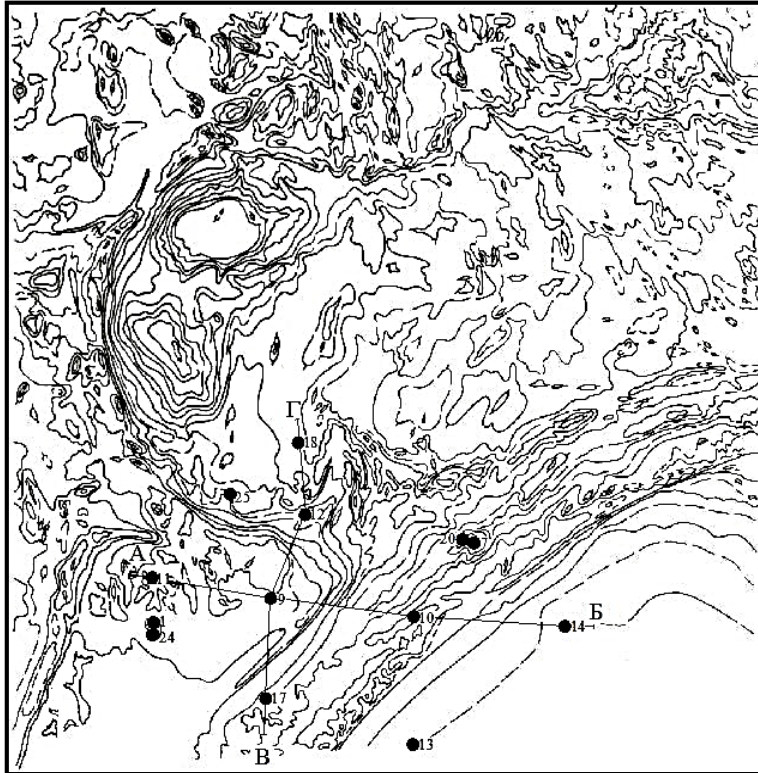


Рисунок 3 – Топографическая карта дневной поверхности площади Оймаша.
 А-Б, В-Г – линии геологических разрезов, приведенных на рис. 2

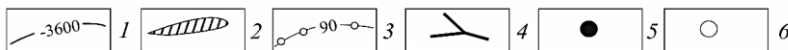
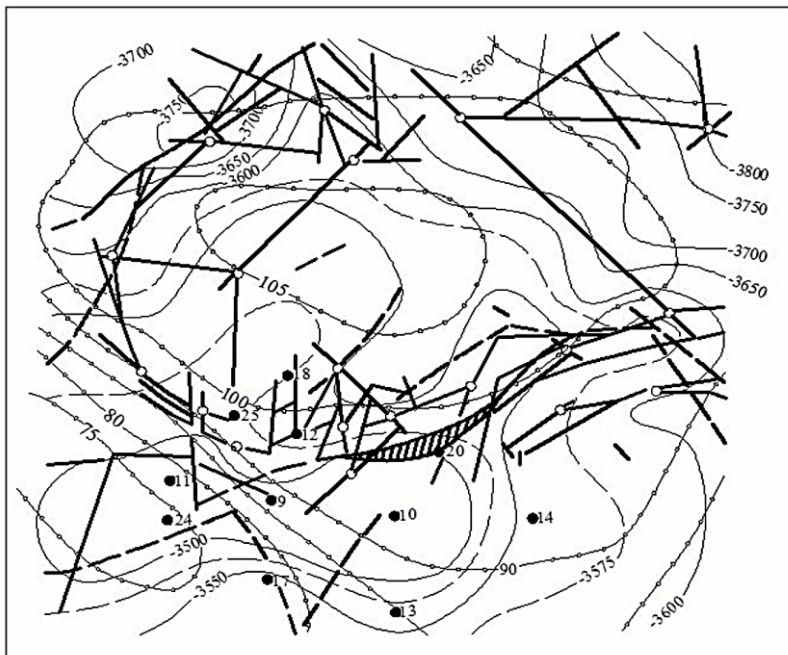


Рисунок 4 – Геолого-геофизическая схема площади Оймаша [13]: 1 – изогипсы по отражающему горизонту в подошве среднего триаса, 2 – зона потери корреляции отражающего горизонта, связанная с разрывным нарушением, 3 – изоаномалы геомагнитной индукции, в мГл, 4 – линейменты дневного рельефа; скважины: 5 – пробуренные, 6 – рекомендуемые

На этом основании была предложена жильная модель Оймашинских нефтяных залежей в породах фундамента и отложениях триаса, исходя из ее морфологии [4, 5]. При этом предполагалось, что наиболее интенсивные процессы разуплотнения пород происходили в зонах дизъюнктивного ограничения блока, хотя и допускалась возможность получения притоков нефти и в зонах тектонических нарушений, оперяющих или рассекающих блок. Опираясь на эти заключения, были разработаны рекомендации по заложению ряда скважин на предполагаемые зоны трещиноватости. Последующие скважины № 16 и 20 были заложены с учетом изложенных представлений о характере залежей. В скважине 20 при испытании в колонне были получены интенсивные проявления нефти из гранитов (периодический кратковременный приток) и из сланцев фундамента, а промышленный приток с дебитом $72 \text{ м}^3/\text{сут.}$ был получен при испытании нижней пачки триасовых отложений. В скважине № 18 при пластоиспытаниях были получены притоки нефти, газа и воды из измененных гранитов, но затем, в связи с допущенным катастрофическим поглощением промывочной жидкости в процессе бурения, при испытании в колонне были получены лишь признаки нефти.

Непосредственно по предложенным рекомендациям было заложено еще шесть скважин (№ 16, 22, 25, 26, 30, 31). Практически все скважины вскрыли зоны трещиноватости в доюрском разрезе. Промышленные притоки были получены из трещиноватых гранитов в скважинах № 16 и 25, расположенных, как и ранее пробуренная скважина № 12, на границе выделенного блока, а также в скважине № 31, находящейся в зоне рассекающего блок разрывного нарушения. В скважине № 26 при разбуривании триасовых отложений отмечались интенсивные газопроявления, но при испытании в колонне притоки не были получены. В скважине № 22 опробование вскрытых ею сильно измененных гранитов из-за аварии было проведено некачественно. Скважина № 30 вскрыла измененные граниты, в которых хотя и отмечались нефтепроявления по трещинам, однако при пластоиспытании соответствующего интервала приток не был получен, а в колонне этот интервал не опробовался.

Таким образом, керновый материал свидетельствовал, что все притоки получены из сильно трещиноватых и гидротермально измененных пород, имеющих локальное распространение. Данные бурения указывали также на приуроченность сильно измененных пород к зонам разрывов. Так, скважина № 18 под отложениями триаса на глубине 3 577 м вскрыла практически свежие граниты, а затем с глубиной вторичная измененность гранитов стала возрастать, и, наконец, на глубине 3 727 м скважина вошла в сильно трещиноватые, перемятые (до милонитов) граниты, прослеженные до глубины 3 800 м. Далее с глубиной интенсивность изменения гранитов снижалась, и скважина вновь вошла в неизменные граниты. Такая последовательность вскрытия измененных и неизменных гранитов и их милонитизация свидетельствует о том, что скважина пересекла зону крутопадающего тектонического нарушения [5]. Аналогичным образом объясняется наличие более чем 270-метрового интервала разрушенных и сильно измененных гранитов в разрезе скважины № 12, а также трещиноватых и гидротермально измененных сланцев и разуплотненных гранитов в скважине № 9. В скважинах, не вскрывших неизменные породы, притоки нефти не были получены.

Последующие исследования в целом подтвердили важную роль тектонического фактора в формировании емкостно-фильтрационных свойств пород фундамента, но оказалось, что резервуар в гранитном массиве имеет более сложное строение [6–8].

Параллельно с этим предлагались и другие модели геологического строения Оймашинского месторождения. Так, основываясь на анализе материалов сейсморазведки МОГТ и глубокого бурения, было высказано мнение, что граниты были внедрены «... в толщи сланцев и доломитизированных карбонатов палеозоя и низов триаса» [1, с. 2]. На основе данных гравirazведки были также намечены контуры гранитного плутона. Кроме того, в работе указывалось, что скважинами № 9, 19 и 12 «... впервые на Мангышлаке вскрыта толща милонитизированных пород мощностью 160–200 м, залегающая между туффитами среднего триаса и кровлей гранитов в интервалах глубин 3 546–3 790 м» [1, с. 3]. Далее был сделан вывод о том, что «... на Оймаше вскрыт новый для Мангышлака тип залежей – неантиклинальный, приуроченный к коре выветривания (преобразования) гранитных интрузий» [1, с. 3].

Необходимо отметить, что предположение об активном контакте гранитов и триасовых толщ явно ошибочно. Этому противоречат каменноугольный возраст гранитов, отсутствие следов термального воздействия магматического расплава на триасовые отложения, залегающих как на размытой поверхности метаморфических пород палеозоя, так и непосредственно на гранитах, на которых развита маломощная площадная кора выветривания [9, 10].

Ошибочно также утверждение о развитии мощной толщи милонитизированных пород на границе между средним триасом и гранитами, принимаемой в качестве «коры выветривания (преобразования) гранитных интрузий». Во-первых, милонит – это, как известно, тектонит,

формирующийся в зонах разрывов, состоящий из тонко перетертого материала, частично перекристаллизованного в процессе динамометаморфизма и, соответственно, не может быть отнесен к образованиям коры выветривания. Во-вторых, в скважинах № 9 и 10 не установлено столь мощных интервалов раздробленных пород. Кроме того, милониты, сопровождающие разрывные нарушения, установлены и в других интервалах разреза, включая глубокие горизонты фундамента. Существенно иными оказались контуры и размеры гранитного массива, чем это предполагалось в рассматриваемой работе.

Иная модель строения Оймашинского месторождения была предложена в работе [2]. На основании анализа материалов гравиметрии, сейсморазведки и глубокого бурения автором выделен ряд разломов, которыми фундамент разбит на отдельные блоки (рис. 5). «Тело гранитной интрузии, являющееся вместителем нефтяной залежи, расположено между разломами С1, С2, С3, С5... Характерно, что в пределах блока, заключенными между упомянутыми разломами, измененные граниты вскрыты или под остаточной корой выветривания (скв. 9, 12, 16, 25), или под сланцевой толщей и корой выветривания (скв. 20, 22). В толщу, объединенную под названием «остаточная кора выветривания», входит довольно широкий набор горных пород. Это интенсивно метаморфизованные туфы, песчаники и аргиллиты, нарушенные взаимопересекающимися окварцованными трещинами. Это каолинитизированные породы с примесью неразложившегося материнского (гранитного) материала. Это пятнистые породы роговиковой структуры, возникшие вследствие воздействия интрузивных масс. Это породы, подвергшиеся милонитизации и сцементированные до милонита. «Остаточная кора выветривания» в целом представляется покрывкой (броней) для нефтяной залежи в ниже залегающих измененных гранитах. Полученные из этой толщи притоки нефти и воды в скв. 9, 18 являются незначительными и вторичными» [2, с. 1–2].



Рисунок 5 – Оймаша. Структурная схема поверхности гранитной интрузии [2]

В качестве объекта разведки рассматривается блок гранитов, заключенный между вышеуказанными разломами. Судя по рисунку 6, предполагается массивный тип залежи в гранитах [2]. Комментарии по этому вопросу в работе отсутствуют. Нет также объяснения, почему именно выделенный блок представляет первоочередной интерес. Обращает на себя внимание и весьма вольная трактовка понятия «кора выветривания», в результате чего в ее состав попали метаморфические породы без видимых следов выветривания, роговики, милониты, «каолинитизированные породы». Не ясен также и возраст коры выветривания, развитой на карбонатных гранитах и сохранившейся на метаморфических толщах палеозоя, тем более что имеются убедительные свидетельства активного контакта гранитоидов с вмещающими их палеозойскими толщами, выразившиеся в формировании мощной зоны термального метаморфизма [10, 14].



Рисунок 6 – Геологические разрезы, иллюстрирующие строение доюрской части разреза месторождения Оймаша [2]

Особого внимания заслуживают представления о строении нефтяной залежи в гранитном массиве Оймаша, изложенные в работе специалистов КазНИПИнефть [14], поскольку данные построения использованы при подсчете запасов месторождения [3] с последующей их постановкой на государственный баланс, а также легли в основу технологической схемы разработки месторождения. Данные авторы считают, что ловушка, содержащая нефтяную залежь, имеет разломно-блоковую природу (рис. 7). Месторождение приурочено к приподнятому блоку II северо-западного простирания, граничащего с востока и запада с опущенными блоками I и III. Наиболее отчетливо, по их мнению, проявляется западная граница приподнятого блока, восточная выделяется по фрагментарным тектоническим нарушениям и требует дальнейшего уточнения.

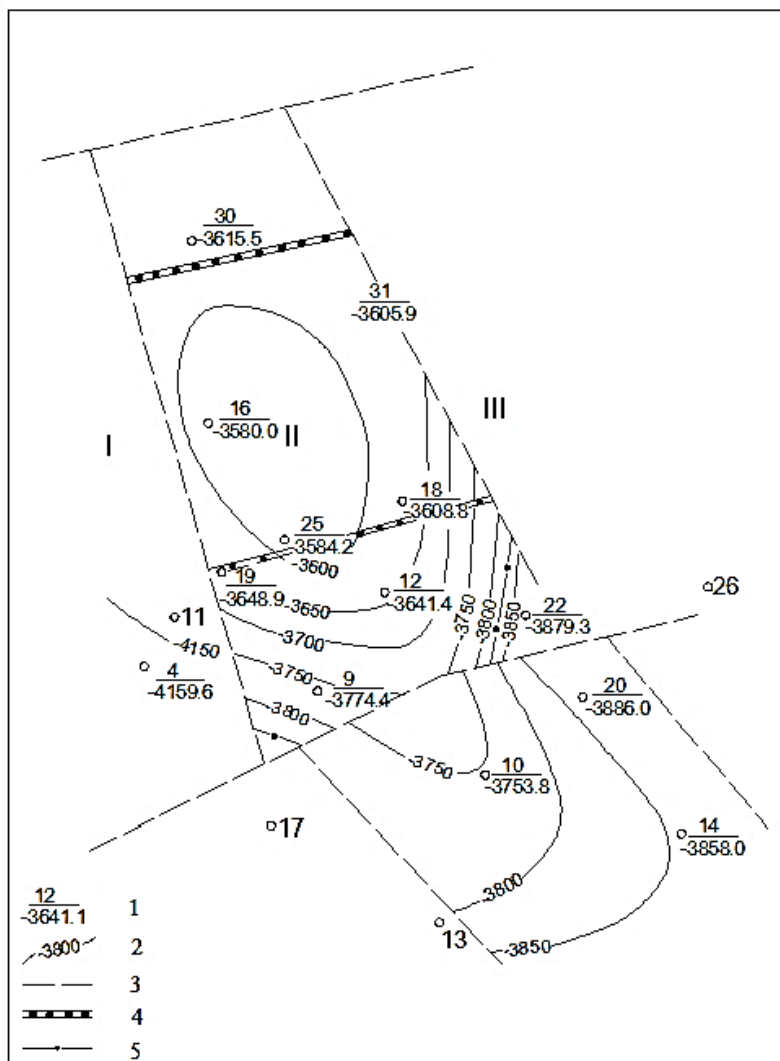


Рисунок 7 – Карта поверхности гранитной интрузии [14]: 1 – в числителе – номер скважины, в знаменателе – абсолютная отметка поверхности гранитов; 2 – изогипсы поверхности гранитов; 3 – тектонические нарушения; 4 – дайки диабазов; 5 – контур промышленной нефтегазоносности

В разрезе гранитного массива указанными авторами по степени изменения выделены следующие типы гранитов: неизменные, измененные и сильноизмененные (рис. 8). Неизменные гранитоиды наиболее распространены и представлены порфировидными светло-серыми гранитами и розовыми граносиенитами. Для них характерно наличие субвертикальных (70–80°) трещин. Стенки трещин зачастую хлоритизированы, вдоль стенок до глубины 2–3 см наблюдается выветрелость калиевых полевых шпатов.

Подчиненную роль играют субгоризонтальные трещины, секущие и смещающие вертикальные. Часть данных трещин (до 3–5 мм) залечена черным окисленным битумом, кварцем, сидеритом, реже – пиритом. Без какой-либо закономерности наблюдаются участки слабо катаклазированных разностей, в которых выветривание калиевых полевых шпатов достигает 10–15 % [14].

Как можно видеть из приведенной выше характеристики «неизменных гранитоидов», отнесение их к данной категории в достаточной степени субъективно.

Измененные граниты отличаются интенсивным (до 50–60 %) выветриванием полевых шпатов, за счет чего порода приобретает грязно-белую окраску. Гранитная структура, за исключением отдельных участков, обычно сохраняется. Плагноклазы сильно серицитизированы, калиевые полевые шпаты пелитизированы.

Сильноизмененные граниты грязно-белого цвета. Гранитная структура нарушена с образованием катакlastической крупно- и среднезернистой до мелкозернистой структуры. Наиболее значительная мощность (20–150 м) измененных и сильноизмененных гранитоидов, фиксирующаяся в скважинах № 10, 12, 18, 22, возможно, связана с древними зонами дробления. В некоторых скважинах подсечены дайки диабазовых порфириров [14].

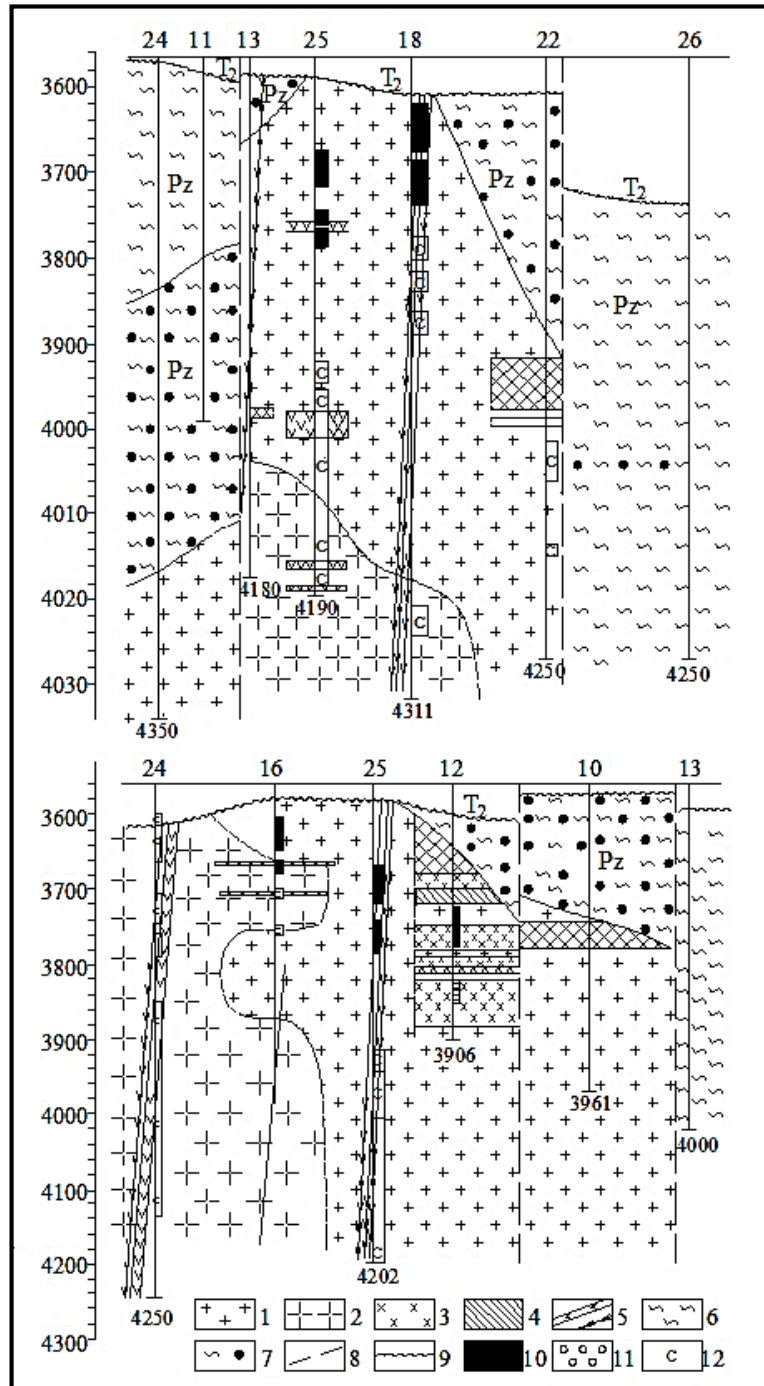


Рисунок 8 – Профильные разрезы гранитной интрузии [14]: 1 – неизменные граниты; 2 – неизменные граносиениты; 3, 4 – граниты, граносиениты: 3 – измененные, 4 – сильноизмененные; 5 – дайки диабазов; 6 – отложения палеозоя; 7 – пятнистые (контактово-измененные) углистые сланцы палеозоя; 8 – тектонические нарушения; 9 – несогласное залегание триасовых отложений; 10 – нефть; 11 – вода; 12 – приток отсутствует

Ловушкой для залежи является приподнятый блок II гранитной интрузии, а саму залежь следует относить к массивным, тектонически экранированным. При этом предполагается наличие между скважинами № 12, 16 и 25 экрана, разделяющего продуктивный блок на две обособленные гидродинамические системы. Экраном считаются дайки диабазов восток – северо-восточного простирания. В качестве доказательства приводятся гидродинамические исследования индикаторным методом по радону, проведенные в скважинах № 30 и 1Э [14]. В дальнейшем, как отмечают авторы, предстоит выработать критерии, определяющие нефтегазоносность таких объектов. Наибольший интерес при этом представляют приподнятые блоки, претерпевшие более значительные процессы катаклаза.

В рассмотренной модели резервуара также имеются спорные места. Так, например, указывается, что наиболее мощные зоны измененных и сильноизмененных гранитов приурочены к древним зонам дробления, однако «...даже самая высокая степень истирания пород, в результате которой формируются милониты, не всегда ведет к образованию зон дробления, с которыми связываются высокие коллекторские свойства пород» [14, с. 74]. Если говорить о «самой высокой степени истирания пород», то здесь авторы, безусловно, правы. Но вряд ли этот вывод может быть распространен на менее разрушенные породы, не превращенные в милониты. Более того, как отмечается в цитируемой работе, «емкостные характеристики различных видов гранитов, установленных по лабораторным анализам керн, существенно отличаются. Открытая пористость сильноизмененных гранитов варьирует от 2,8 до 13,4 %, измененных – от 0,7 до 6,6 %, неизмененных – от 0,1 до 3,8 %. Трещинная пористость, характеризующая полезную емкость последних, составляет от 0,01 до 1,1 %. По фильтрационной схеме рассматриваемые граниты мало отличаются друг от друга и имеют проницаемость одного порядка» [14, с. 75].

Из приведенного выше материала можно сделать вывод, что основной емкостью в гранитном массиве обладают прежде всего дезинтегрированные породы, приуроченные к зонам дробления. Следовательно, поиск таких зон – одна из первоочередных задач. Как их прогнозировать и какое их возможное местоположение на Оймаше, авторами рассмотренной модели не указывается.

Требует дополнительного обоснования трассирование даек диабазовых порфиритов, поскольку в скважинах не производился отбор пространственно ориентированного керн, а значит, ими могли быть вскрыты различные по простиранию магматические тела. Не ясно также, почему дайки должны быть экранами, поскольку они, как и рассекаемые ими породы, подвергались воздействию тектонических напряжений и трещинообразованию. Заключение об экранирующей роли даек было опровергнуто более поздними специальными гидродинамическими исследованиями на месторождении [13].

Искусственно выглядят и принятые границы нефтяной залежи в гранитном массиве, что в последствии подтвердилось в процессе ее разработки. Без существенных изменений данная модель резервуара в гранитном массиве была сохранена и при последующем пересчете запасов нефти и газа.

Эта же информация о строении месторождения повторяется под авторством и других исследователей в [11, 12], которая заимствована из работы [3]. То же самое относится и к обоснованию факторов, контролирующих формирование емкостно-фильтрационных свойств гранитов, подробно рассмотренных ранее в статьях [4, 6, 18, 13]. В связи с этим названные выше публикации здесь не анализируются.

Анализ разнопланового геолого-геофизического материала по Оймашинскому месторождению, привлечение данных из рудничной геологии позволили нам предложить свою оригинальную модель строения резервуара в гранитоидном массиве [8, 13], не утратившую своей актуальности и в настоящее время, подробно рассмотренную в статье [7].

Несомненно, также, что разработанная нами модель резервуара, более полно учитывающая имеющийся фактический материал, нежели модели других авторов, также не может считаться окончательной, поскольку строение месторождения до конца не изучено и появление новых данных позволит ее модернизировать или даже заменить на новую. Приведенные сведения о строении месторождения Оймаша, отражающие видение данной проблемы различными исследователями, могут оказаться полезными при изучении условий локализации скоплений нефти и газа в породах фундамента и в других регионах.

Список литературы

1. Асмолов В. С. О возможности обнаружения на Мангышлаке новых типов месторождений нефти и газа (на примере месторождения Оймаша) // Информ. листок Мангышлакского ЦНТИ. Шевченко, 1984. № 30–31. 6 с.
2. Козмодемьянский В. В. Модель Оймашинского нефтяного месторождения // Информ. листок Мангышлакского ЦНТИ. Шевченко, 1984. № 46–84. 5 с.

3. Коростышевский М. Н., Попова Л. А. Подсчет запасов нефти и газа по месторождению Оймаша Гурьевской области Казахской ССР по состоянию на 01.07.89 г. Шевченко: КазНИПИнефть, 1989. 210 с.
4. Паламарь В. П., В. И. Попков, А. В. Праздников, Рабинович А. А. Прогнозирование нефтегазоносности и совершенствование методики поисков и разведки скоплений углеводородов и низкопроницаемых породах // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 1985. № 3. С. 107–110.
5. Попков В. И. Перспективы поисков залежей нефти и газа в породах фундамента Мангышлака // Освоение нефтяного Мангышлака. Грозный, 1981. С. 7–11.
6. Попков В. И. Факторы, контролирующие образование фильтрационных и емкостных свойств в гранитном массиве месторождения Оймаша // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. 2004. № 3 (9). С. 297–298.
7. Попков В. И. Нефтегазоносность гранитоидов фундамента на примере месторождения Оймаша // Геология. Известия Отделения наук и Земле и природных ресурсов. 2025. № 2. С. 42–58. DOI: 10.24412/2949-4052-2025-2-42-58.
8. Попков В. И., Рабинович А. А., Туров Н. И. Модель резервуара нефтяной залежи в гранитном // Геология нефти и газа. 1986. № 8. С. 27–31.
9. Попков В. И., Япаскерт О. В., Демидов А. А. Особенности строения фундамента Мангышлака // Известия АН СССР. Серия: Геология. 1986. № 5. С. 135–143.
10. Попков В. И., Япаскерт О. В., Клычников А. В. Доюрские образования Песчаномыско-Ракушечной зоны Южного Мангышлака // Бюллетень МОИП. Отд. Геол. 1984. Вып. 4. Т. 59. С. 95–101.
11. Крупин А. А. Нефтегазоносность гранитной интрузии месторождения Оймаша // *Elmi Əsərlər: научные труды*. 2011. С. 11–17.
12. Крупин А. А., Рыкус М. В. Нефтегазоносность гранитов складчатого фундамента Южного Мангышлака (на примере месторождения Оймаша) // Нефтегазовое дело. 2011. Т. 9, № 3. С. 13–16.
13. Рабинович А. А. Анализ результатов опытно-методических геолого-геофизических работ на Песчаномыском опорном полигоне и разработка методов поисков скоплений УВ в сложно-экранированных ловушках Мангышлака / А.А. Рабинович, В. И. Попков. Шевченко: КазНИПИнефть, 1989. 189 с.
14. Чербянова Л. Ф., Федулова Н. В., Коростышевский М. Н. Нефтяная залежь в гранитах месторождения Оймаша // Известия АН Каз. ССР. Серия: Геология. 1988. № 5. С. 67–77.

References

1. Asmolv V. S. On the possibility of discovering new types of oil and gas fields in Mangyshlak (using the Oymasha field as an example). *Information leaflet of Mangyshlak STIC*. Shevchenko, 1984;30–31:6 (In Russ.).
2. Kozmodemyanskiy V. V. Model of the Oymashinsky oil field. *Information leaflet of Mangyshlak STIC*. Shevchenko, 1984;46–84:5 (In Russ.).
3. Korostyshevskiy M. N., Popova L. A. *Calculation of oil and gas reserves at the Oymasha field in the Guryev region of the Kazakh SSR as of 01.07.89*. Shevchenko: KaZNIPIneft; 1989:210 (In Russ.).
4. Palamar V. P., Popkov V. I., Prazdnikov A. V., Rabinovich A. A. Prediction of oil and gas potential and improvement of methods for searching and exploring hydrocarbon accumulations in low-permeability rocks. *News of Universities. Geology and Exploration*. 1985;3:107–110 (In Russ.).
5. Popkov V. I. Prospects for searching for oil and gas deposits in the rocks of the Mangyshlak foundation. *Development of the oil field Mangyshlak*. Groznyy; 1981:7–11 (In Russ.).
6. Popkov V. I. Factors controlling the formation of filtration and capacitive properties in the Oymasha granite massif. *South-Russian Bulletin of Geology, Geography and Global Energy*. 2004;3(9):297–298 (In Russ.).
7. Popkov V. I. Oil and Gas Potential of the Foundation Granitoids: The Oymasha Field as an Example. *Geology. News of the Department of Sciences and Earth and Natural Resources*. 2025;2:42–58. DOI: 10.24412/2949-4052-2025-2-42-58 (In Russ.).
8. Popkov V. I., Rabinovich A. A., Turon N. I. Model of an oil reservoir in a granite massif. *Oil and Gas Geology*. 1986;8:27–31 (In Russ.).
9. Popkov V. I., Yapaskurt O. V., Demidov A. A. To the foundation structure of Mangyshlak. *Proceedings of the USSR Academy of Sciences. Ser. Geology*. 1986;5:135–143 (In Russ.).
10. Popkov V. I., Yapaskurt O. V., Klychnikov A. V. Pre-Jurassic formations of the Peschanomys-Rakushechnaya zone of the Southern Mangyshlak. *MOIP Bulletin*. Dept. Geology. 1984;4:59:95–101 (In Russ.).
11. Krupin A. A. Oil and Gas Potential of the Oymash Granite Intrusion. *Elmi Əsərlər: scientific works*; 2011:11–17 (In Russ.).
12. Krupin A. A., Rykus M. V. Oil and gas potential of the granites of the folded basement of the Southern Mangyshlak (using the Oymasha field as an example). *Oil and Gas Business*. 2011;9:3:13–16 (In Russ.).
13. Rabinovich A. A., Popkov V. I. *Analysis of the results of experimental and methodological geological and geophysical works at the Peschanomys test site and development of methods for searching for hydrocarbon accumulations in complex-screened traps in Mangyshlak*. Shevchenko: KaZNIPIneft; 1989:189 (In Russ.).
14. Cherbyanova L. F., Fedulova N. V., Korostyshevskiy M. N. Oil deposit in the granites of the Oymasha deposit. *Bulletin of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR. Series: Geology*. 1988;5:67–77 (In Russ.).

Информация об авторе

Попков В. И. – доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАЕН, профессор кафедры геологии и геофизики.

Information about the author

Popkov V. I. – Professor, Member of Russian Academy of Natural Sciences, Professor of the Department of Geology and Geophysics.

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

Статья поступила в редакцию 13.01.2026; одобрена после рецензирования 20.01.2026; принята к публикации 30.01.2026.

The article was submitted 13.01.2026; approved after reviewing 20.01.2026; accepted for publication 30.01.2026.

АННОТАЦИЯ

Роль комплексного барьера как очистного сооружения и его влияние на улучшение качества воды. Гидрогеологическое обоснование эксплуатации Астраханского месторождения минеральных бальнеологических вод. Оценка методик расчета дебитов при применении различных типов скважин на поздней стадии разработки в условиях низкопроницаемого коллектора Приобского месторождения. Стероидный гормон 17 β -эстрадиол в водах Кавказа. Применение пространственных эконометрических моделей для анализа преступности в Детройте. Структурно-функциональная система депонирования углекислого газа лесными геосистемами ООПТ Москвы и Хоперского государственного заповедника. Антропогенный рельеф на территории Кабардино-Балкарии. Пространственно-временные особенности формирования градовых процессов на Северном Кавказе. Анализ экосистемного сервиса биоразнообразия геосистем ООПТ г. Москвы. Анализ динамики зеленых территорий на примере Московского урбанистического центра. Реализация эколого-просветительских и образовательных проектов Русского географического общества как фактор формирования экологической культуры населения. Экологическое состояние реки Упы: современная оценка и анализ. Картографические методы в гидрологических исследованиях дельты Волги. Геоэкологические последствия роста электромагнитной нагрузки в городской среде. Основные источники загрязнения Каспийского моря в условиях разработки нефтегазовых месторождений Казахстана. Разломно-блоковые модели резервуара нефти в гранитном массиве месторождения Оймаша (Южный Мангышлак).

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

Role of a complex barrier as a treatment facility and its impact on improving water quality. Hydrogeological substantiation of the Astrakhan deposit of mineral balneological waters. Evaluation of flow rate calculation methods when using different types of wells at a late stage of development, in conditions of a low-permeability reservoir of the Priobskoye field. Steroid hormone 17 β -estradiol in the waters of the Caucasus. Application of Spatial Econometric Models to the Analysis of Crime in Detroit. Structural-functional system of carbon sequestration by forest geosystems of protected areas in Moscow and the Khoper state nature reserve. Anthropogenic relief in Kabardino-Balkaria. Spatiotemporal features of hail process formation in the North Caucasus. Analysis of the ecosystem service of biodiversity of geosystems of protected areas of Moscow. Analysis of the dynamics of green territories on the example of the Moscow Urban Center. Implementation of ecological, educational and educational projects of the Russian geographical society as a factor in the formation of ecological culture the population. Ecological state of the Upa river: modern assessment and analysis. Cartographic methods in hydrological research of the Volga River Delta. Geoecological consequences of the increase in electromagnetic load in urban environment. Main sources of pollution in the Caspian Sea during the development of Kazakhstan's oil and gas fields. Fault-block models of an oil reservoir in the Oymasha granite massif (South Mangyshlak).

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, abarmin60@mail.ru. Не допускается направление в редакцию статей, уже публиковавшихся или посланных на публикацию в другие журналы. Необходимо указывать номер УДК.

2. Аннотация и ключевые слова. Объем аннотации не должен превышать 250 слов, ключевых слов должно быть не менее 5 и не более 15 слов (словосочетаний). Их приводят, предваряя словами «Ключевые слова:» ("Keywords:"), и отделяют друг от друга запятыми. После ключевых слов точку не ставят. По аннотации читатель должен определить, стоит ли обращаться к полному тексту статьи для получения более подробной, интересующей его информации.

В аннотации должны быть по пунктам прописаны:

- актуальность работы;
- цель работы;
- метод или методология проведения работы;
- результаты работы и область их применения;
- выводы.

Перевод аннотации, ключевых слов и списка литературы на английский язык осуществляется авторами качественным переводом. Перевод с помощью электронных переводчиков не рекомендуется.

3. Список литературы располагают после информации об авторах и их вкладе с предшествующими словами «Список литературы» на русском и английском языках. Использование названия «Библиографический список» и «Библиография» не рекомендуется. Ссылки на источники должны идти в тексте по порядку – 1, 2, 3. В тексте ссылки заключаются в квадратные скобки. Количество ссылок в тексте должно соответствовать количеству источников литературы в библиографическом списке. Упоминания ГОСТ, СНИП, правил безопасности, нормативных, законодательных и других документов, а также ссылок на неофициальные источники в интернет рекомендуется приводить в тексте статьи или в сносках, не вынося в список литературы. Список литературы должен содержать современные зарубежные статьи (не старше 5 лет издания). Список литературы должен содержать не менее 15 источников, из которых должно быть не более двух собственных работ автора. Наличие в списке литературы учебников без грифа Минобрнауки РФ и его подразделений, учебных и методических пособий, указаний по курсовому и дипломному проектированию, производственных и научных отчетов, выпускных квалификационных работ, конспектов лекций для студентов не допускается.

Индекс УДК помещают в начале статьи на отдельной строке слева.

DOI статьи приводят по ГОСТ Р ИСО 26324 и располагают после индекса УДК отдельной строкой слева. В конце DOI точку не ставят. Допустимо приводить DOI в форме электронного адреса в сети Интернет.

Пример оформления:

Научная статья

УДК 627.1

doi 10.54398/20776322_2023_2_9

При оформлении списка литературы у ВСЕХ публикаций, имеющих DOI (особенно это касается иностранных публикаций), эти DOI должны быть указаны (в виде гиперссылки).

Пример оформления: 10. Henry D. J., Novák M., Hawthorne F. C., Ertl A., Dutrow B. L., Uher P., Pezzotta F. Nomenclature of the tourmaline-supergrout 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, ctg и т. д.), обозначения химических элементов (Al, Cu, Na и т. д.), некоторые математические термины (lim, ln, arg, grad, const и т. д.), числа или критерии (Re – Рейнольдса и т. д.), названия температурных шкал (°C – градусы Цельсия и т. д.) набираются прямым шрифтом.

4. Физические единицы приводятся в системе СИ.

Графический материал

Изображения должны быть четкими, контрастными. Таблицы, рисунки, схемы должны быть пригодными для правки. Таблицы и схемы, сканированные как изображения, не принимаются.

На картах обязательно указывается масштаб. На чертежах, разрезах, картах должно быть отражено минимальное количество буквенных и цифровых обозначений, а их объяснение – в подрисуночных подписях.

Подрисуночная 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 сохраняют 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

Asrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
abarmin60@mail.ru

Abstract. In the conditions of modern transformation of natural complexes due to urbanization and technogenesis, the study of the influence of anthropogenic activity on the formation of landscapes of arid territories invariably remains highly relevant. The main feature of arid territories is the fragility and instability of their landscapes and the high susceptibility to transformation of their territorial complexes. The modern gradation of the landscapes of the Astrakhan region does not take into account the technogenic influence in connection with it, the issue of zoning the landscapes of the Astrakhan region from the point of view of technogenic influence is assumed to be relevant.

Keyword: landscape, danger, arid territory, hazardous production facility, industry, manmade impact, zoning

For citation: Barmin A. N. Restoration of the ecological state of water bodies of the Volga River delta. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):170–175 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_170.

ТЕКСТ СТАТЬИ (на русском языке)

Информация об авторах

Бармин А. Н. – доктор географических наук, профессор.

Information about the authors

Varmin A. N. – Doctor of Sciences (Geographical), Professor.

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

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

Список литературы

1. Бальшева О. Л. Материалы для акустоэлектронных устройств. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный ун-т аэрокосмического приборостроения, 2005. 50 с.
2. Auld B. A. Acoustic Fields and Waves in Solids. New York: John Wiley & Sons, 1973. 300 p.

References

1. Balysheva O. L. Works for akustoelektronny devices. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation Publ.; 2005:50.
2. Auld B. A. Acoustic Fields and Waves in Solids. New York: John Wiley & Sons Publ.; 1973:300.

Статья поступила в редакцию 15.11.2021; одобрена после рецензирования 17.11.2021; принята к публикации 20.11.2021.

The article was submitted 15.11.2021; approved after reviewing 17.11.2021; accepted for publication 20.11.2021.

RULES FOR THE AUTHORS OF THE JOURNAL

The journal publishes the theoretical, review (of problem nature) and experimental and research articles on geology, geography, history of formation of these sciences, short reports and information on the new methods of experimental researches, and also the works covering the up-to-date technologies of prospecting and developing minerals etc.

The journal publishes the information on jubilee dates, new publications of the University Publishing House on geology and geography, the information on forthcoming and held scientific conferences, symposiums, congresses.

The journal publishes the materials not been published earlier in other periodical editions.

The journal "Geology, Geography and Global Energy" is included in the List of the conducting reviewed scientific journals and editions in which the main scientific results of theses on competition of an academic degree of the doctor and candidate of science have to be published on the field of science 25.00.00 "Earth Science".

Publication frequency is 4 times a year. The volume of publications: review articles – up to 1 printed sheets (16 pages), original articles – up to 0,5 printed sheets (8–10 pages), information on jubilee dates, conferences etc. – up to 0,2 printed sheets.

Article design. Editor Word Windows, type Times New Roman, 14, interlinear interval – 1, paper format A4; margins: left one – 2,5 cm, right one – 2,5 cm, upper and lower ones – 2,5 cm, break line – 1,27 cm, pagination is overhead to the right.

The dimension of all units of measurement is in the size of SI; the names of chemical compounds are in accordance with the IUPAC recommendation.

Tables. Type Times New Roman, 10. The table width is 13 cm, a book turn. In the right corner there is word "Table" with serial number, through an interval – the title of the table (bold one, on centre, 10).

Formulae. Superlinear and interlinear indices – type Times New Roman, 11; mathematical symbols – type Times New Roman, 18; letters of the Greek alphabet – type Times New Roman, 14. The formulae should be typed without indention from the left edge.

Photos, figures, diagrams, graphs, schemes are only black-and-white. The width of photos, figures, diagrams, graphs, schemes is no more than 13 cm.

We ask to send to the address of the editorial board: electronic and printed text of the article; enclose with the article the accompanying letter of the author's supervisor with indication of full names, patronymic names and last names of the authors, scientific rank, post, names of chair, institution and also e-mail, contact phone numbers.

Send the articles to e-mail: geologi2007@yandex.ru.

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

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2026. № 1 (100)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
Федеральной службы по надзору
в сфере связи и массовых коммуникаций
ПИ № ФС77-32762 от 08 августа 2008 г.

Учредитель:

Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева
Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

Адрес редакции:

Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20

Адрес издателя:

Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

Подписной индекс – 11173
по каталогу периодических изданий (газеты и журналы)

Издание включено в интернет-каталог
ООО «Урал-Пресс»»

Главный редактор –
доктор географических наук А. Н. Бармин
Ответственный секретарь – Д. А. Бычкова

Компьютерная правка,
верстка *Ж. О. Джамбуловой*

Редактирование *Н. Н. Сахно*

Дата выхода в свет: 14.05.2026 г.

Цена свободная

Заказ № 4757. Тираж 500 экз. (первый завод – 22 экз.)

Уч.-изд. л. 12,0. Усл. печ. л. 16,8

Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

тел. (8512) 24-66-60 (доп. 3, издательско-полиграфический отдел)

E-mail: asupress@yandex.ru

Отпечатано в Астраханской цифровой типографии

414040, г. Астрахань, пл. К. Маркса, 33

тел./факс (8512) 54-00-11, 73-40-40,

E-mail: a-d-t@mail.ru