ISSN 1995-0675 (Print)
ISSN 2500-2465 (Online)

ИЗВЕСТИЯ
ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ»



DAGESTAN STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY
JOURNAL
Natural and Exact Sciences

Т. 19. № 4. 2025
Vol. 19. No. 4. 2025

Т. 19. № 4. 2025
СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ»
Известия ДГПУ

Министерство просвещения Российской Федерации
Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова

ISSN 1995-0675 (Print)
ISSN 2500-2465 (Online)

Ежеквартальный научный журнал

Известия Дагестанского государственного педагогического университета серия «Естественные и точные науки»

Т. 19. № 4. 2025

Журнал входит в ***Перечень рецензируемых научных изданий****, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям науки: 1.4.1. Неорганическая химия (химические науки); 1.4.3 – Органическая химия (химические науки); 1.4.4 – Физическая химия (химические науки); 1.6.1 – Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика (геолого-минералогические науки); 1.6.12 – Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов (географические науки); 1.6.13 – Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география (географические науки); 1.6.15 – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель (географические науки); 1.6.20 – Геоинформатика, картография (географические науки); 1.6.21 – Геоэкология (географические науки)*

Учредитель журнала:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова».
Издается по решению ученого совета ДГПУ им. Р. Гамзатова с 2007 г.
Периодичность – 4 номера в год.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-65760 от 20 мая 2016 г.

Редакционный совет серии «Естественные и точные науки»:

Атаев Загир Вагитович, канд. геогр. наук, проф., директор НИИ биогеографии и ландшафтной экологии ДГПУ им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия – главный редактор;
Асхабов Асхаб Магомедович, д-р геол.-минерал. наук, проф., директор Института геологии, председатель Президиума Коми НЦ УрО РАН, акад. РАН, Сыктывкар;
Имрани Заур Тагир оглы, канд. геогр. наук, доц., исполнительный директор Института географии им. акад. Г. Алиева, Баку, Азербайджан;
Исмаилов Чингиз Ниязи оглы, д-р геогр. наук, проф. каф. экономической и социальной географии, Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан;
Канбетов Асылбек Шахмуратович, канд. биол. наук, проф., директор Каспийского исследовательского института Атырауского университета нефти и газа, Атырау, Казахстан;
Керимов Ибрагим Ахмедович, д-р физ.-мат. наук, вице-президент АН ЧР, академик АН ЧР, Грозный, Россия;
Магомедов Магомед-Расул Дибирович, д-р биол. наук, проф., гл. науч. сотр. лаборатории экологии животных Прикаспийского института биологических ресурсов ДФИЦ РАН, чл.-корр. РАН, Махачкала, Россия;
Минцаев Магомед Шавалович, д-р техн. наук, проф., ректор ГГНТУ им. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия;
Муртазаев Акай Курбанович, д-р физ.-мат. наук, проф., директор ДФИЦ РАН, академик РАН, Махачкала, Россия;
Мухаббатов Холназар Мухаббатович, д-р геогр. наук, проф. кафедры методики преподавания географии и туризма ТГПУ им. Садриддина Айни, Душанбе, Таджикистан;
Омарова Наида Омаровна, д-р физ.-мат. наук, проф., зам. директора по науке Института национальных проблем образования, чл.-корр. РАО, Махачкала, Россия;
Пенин Румен Пенин, д-р. геогр. наук, проф. каф. ландшафтной экологии и охраны природной среды Софийского университета им. Св. Климента Охридкого, София, Болгария;
Талтенов Абзал Ахатович, д-р хим. наук, проф., ректор АтГУ им. Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан;
Темботова Фатимат Асланбиевна, д-р биол. наук, проф., директор Института экологии горных территорий им. А. К. Темботова РАН, чл.-корр. РАН, Нальчик, Россия;
Тюркоглу Некла, д-р. геогр. наук, проф. факультета языков, истории и географии Университета Анкары, Анкара, Турция;
Хоссейни Сайеде Сомайе, канд. геогр. наук, вед. науч. сотр. Исфаханского университета, Исфахан, Иран;
Чертко Николай Константинович, д-р геогр. наук, проф. каф. почвоведения и земельных информационных систем, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь;
Чибилев Александр Александрович, д-р геогр. наук, проф., научный руководитель Института степи УрО РАН, акад. РАН, Оренбург, Россия;
Элизбарашвили Нодар Константинович, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. региональной географии и ландшафтного планирования ТГУ им. И. Джавахишвили, Тбилиси, Грузия;
Эминов Закир Намин оглы, д-р геогр. наук, проф., генеральный директор Института географии НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан.

Редакционная коллегия серии «Естественные и точные науки»:

Атаев Загир Вагитович, канд. геогр. наук, проф., директор НИИ биогеографии и ландшафтной экологии, ДГПУ им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия – председатель;
Асадулаев Загирбег Магомедович, д-р биол. наук, проф., директор Горного ботанического сада ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
Беликов Михаил Юрьевич, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. международного туризма и менеджмента, директор Института географии, геологии, туризма и сервиса КубГУ, Краснодар, Россия;
Братков Виталий Викторович, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. географии МГУГиК, Москва, Россия;
Булаева Нуржаган Маисовна, д-р тех. наук, проф., директор Центра сопряженного мониторинга окружающей среды и природных ресурсов, Махачкала, Россия;
Гаврилов Юрий Олегович, д-р геол.-минерал. наук, проф., зав. лаб. седиментологии и геохимии осадочных бассейнов Геологического института РАН, Москва, Россия;
Гасаналиев Абдулла Магомедович, д-р хим. наук, проф. каф. химии, директор Научно-исследовательского института общей и неорганической химии ДГПУ им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия;
Гафуров Малик Магомедович, д-р физ.-мат. наук, руководитель АЦКП ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
Гуня Алексей Николаевич, д-р геогр. наук, проф. каф. физической географии мира и геоэкологии МГУ им. М. В. Ломоносова; ст. науч. сотр. отдела физической географии и проблем природопользования, Институт географии РАН, Москва, Россия;
Гусейнов Ризван Меджидович, д-р хим. наук, проф. кафедры химии ДГПУ им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия;
Идрисов Идрис Абдулбутаевич, канд. геогр. наук, вед. науч. сотр. лаборатории гидрогеологии и геоэкологии Института геологии ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
Исмаилов Эльдар Шафиевич, д-р биол. наук, проф. каф. химии ДГТУ, Махачкала, Россия;
Калов Ризуан Османович, д-р геогр. наук, проф. каф. экономики АПК, КБГАУ им. В. М. Кокова, Нальчик, Россия;
Кличханов Нисред Кадирович, д-р биол. наук, проф. каф. биохимии и биофизики ДГУ, Махачкала, Россия;
Кочкаров Жамал Ахматович, д-р хим. наук, проф. каф. общей, неорганической и физической химии КБГУ, Нальчик, Россия;
Куролап Семен Александрович, д-р геогр. наук, проф., декан факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ, Воронеж, Россия;
Лиховид Андрей Александрович, д-р геогр. наук, проф. каф. экологии и природопользования Института наук о Земле, первый проректор СКФУ, Ставрополь, Россия;
Луговской Александр Михайлович, д-р геогр. наук, проф. каф. географии МИИГАиК, Москва, Россия;
Лупейко Тимофей Григорьевич, д-р хим. наук, проф., зав. каф. общей и неорганической химии ЮФУ, Ростов-на-Дону, Россия;
Лысенко Алексей Владимирович, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. физической географии и кадастров Института наук о Земле СКФУ, Ставрополь, Россия;
Магомедова Манади Ахмеднабиевна, канд. биол. наук, доц., зав. каф. биологии, экологии и методики преподавания ДГПУ им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия;
Маммаев Омар Ахмедович, д-р геол.-минерал. наук, проф., зав. лаб. геотермальных ресурсов Института проблем геотермии ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
Мелкий Вячеслав Анатольевич, д-р техн. наук, вед. науч. сотр. лаборатории вулканологии и вулканоопасности Института морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия;
Мудуев Шахмардан Ситтикович, д-р геогр. наук, проф., вед. науч. сотр. научно-исследовательского института управления, экономики, политики и социологии ДГУНХ, Махачкала, Россия;
Погорелов Анатолий Валерьевич, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. геоинформатики КубГУ, Краснодар, Россия;
Рабазанов Нухкади Ибрагимович, д-р биол. наук, проф., директор Прикаспийского института биологических ресурсов ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
Разумов Виктор Владимирович, д-р геогр. наук, проф., вед. науч. сотр. отдела генезиса, географии, классификации и цифровой картографии почв лаборатории мониторинга почвенного покрова Почвенного института им. В. В. Докучаева, Москва, Россия;
Рамазанов Арсен Шамсудинович, д-р хим. наук, проф., зав. каф. аналитической и фармацевтической химии ДГУ, Махачкала, Россия;
Сфиева Диана Касумовна, канд. тех. наук, доц., начальник РИО ДГПУ им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия;
Таланов Валерий Михайлович, д-р хим. наук, проф., зав. каф. общей и неорганической химии ЮРГТУ им. М. И. Платова, Новочеркасск, Россия;
Тесленок Сергей Адамович, канд. геогр. наук, доц. Высшей экологической школы, Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия;
Трунин Александр Сергеевич, д-р хим. наук, проф., заведующий лабораторией физико-химического анализа им. Д. И. Менделеева, СГОАН, Самара, Россия;
Черкашин Василий Иванович, д-р геол.-минерал. наук, проф., гл. науч. сотр., зав. лаб. региональной геологии и твердого минерального сырья Института геологии ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия.

Номер журнала поступил в печать 20.01.2026 г.
Дата выхода в свет 02.02.2026 г.

© Авторы статей, 2025
© ДГПУ им Р. Гамзатова, 2025

По вопросам размещения рекламы и публикации статей обращаться в редакцию:
367000 РД, г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 57. Редакционно-издательский отдел ДГПУ.
Тел.: (8722) 561275; https://dgpu.net/ru/; e-mail: dgpurio@yandex.ru

The Ministry of Education of the Russian Federation
Gamzatov Dagestan State Pedagogical University

ISSN 1995-0675 (Print)
ISSN 2500-2465 (Online)

Scientific quarterly journal
Dagestan State Pedagogical University
J O U R N A L
Natural and Exact Sciences

Vol. 19. No.4. 2025

The journal is included into the ***List of leading reviewed scientific journals and publications****, where main scientific results of dissertations on applying for scientific degree of Doctor of Sciences, applying for scientific degree of Candidate of Sciences should be published according to the following scientific specialties and their respective branches of science: 1.4.1. Inorganic Chemistry (Chemical Science); 1.4.3 – Organic Chemistry (Chemical Science); 1.4.4 – Physical Chemistry (Chemical Science); 1.6.1 – General and Regional Geology. Geotectonics and Geodynamics (Geological and Mineralogical Sciences); 1.6.12 – Physical Geography and Biogeography, Soil Geography and Landscape Geochemistry (Geographical Science); 1.6.13 – Economic, Social, Political and Recreational Geography (Geographical Science); 1.6.15 – Land Management, Cadastre and Land Monitoring (Geographical Science); 1.6.20 – Geoinformatics, Cartography (Geographical Science); 1.6.21 – Geoecology (Geographical Science)*

The journal is founded by:
"Gamzatov Dagestan State Pedagogical University"
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
Published by the decision of Gamzatov DSPU Academic Council since 2007.
Periodicity – 4 issues a year.

Registered by Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media.
Registration certificate ПИ № ФС77-65760 from May 20, 2016.

Editorial Board

Ataev Zagir V., Ph.D. (Geography), Professor, Director of the Research Institute of Biogeography and Landscape Ecology, Gamzatov DSPU, Makhachkala, Russia – Chief Editor;
Askhabov Askhab M., Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Di-rector of Institute of Geology, Chairman of the Presidium of Komi Science Centre of the Ural branch, RAS, academician of RAS, Syktyvkar, Russia;
Imrani Zaur T., Ph.D. (Geography), Associate Professor, Executive Director, Institute of Geography named after Academician Hasan Aliyev, Baku, Azerbaijan;
Ismailov Chingiz N., Doctor of Geography, Professor, Department of Economic and Social Geography, Baku State University, Baku, Azerbaijan;
Kanbetov Asylbek Sh., Ph.D. (Biology), Professor, Director of Caspian Research Institute, Atyrau University of Oil and Gas, Atyrau, Kazakhstan;
Kerimov Ibragim A., Doctor of Physics and Mathematics, Vice-President of ASChR, Academician of ASChR, Grozny, Russia;
Magomedov Magomed-Rasul D., Doctor of Biology, Professor, Chief Re-searcher, laboratory of Animals' Ecology, PIBR DFRC RAS, Corresponding Member of RAS, Makhachkala, Russia;
Mintsaev Magomed Sh., Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of GSOTU, Grozny, Russia;
Murtazaev Akay K., Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Acting Chairman of DFRC RAS, Academician of RAS, Makhachkala, Russia;
Mukhabbatov Kholnazar M., Doctor of Geography, Professor, Department of Teaching Geography and Tourism Methods, Sadriddin Aini TSPU, Dushanbe, Tajikistan;
Omarova Naida O., Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Deputy Director for Science, Institute of National Problems in Education, Corresponding Member of RAE, Makhachkala, Russia;
Penin Rumen P., Doctor of Geography, Professor, Department of Landscape Ecology and Environmental Protection, Sofia University "St. Kliment Ohridski", Sofia, Bulgaria;
Taltenov Abzal A., Doctor of Chemistry, Professor, Rector of Kh. Dosmukhamedov ASU, Atyrau, Kazakhstan;
Tembotova Fatimat A., Doctor of Biology, Professor, Director of A. K. Tembotov Institute of Ecology of Mountain Areas, RAS, Corresponding Member of RAS, Nalchik, Russia;
Turkoglu Nekla, Doctor of Geography, Professor, Faculty of Languages, History and Geography, Ankara University, Ankara, Turkey;
Hosseini Sayede S., Ph.D. (Geography), Leading Researcher, Isfahan University, Isfahan, Iran;
Chertko Nikolay K., Doctor of Geography, Professor, Department of Soil Science and Land Information Systems, Belarusian State University, Minsk, Belarus;
Chibilev Alexander A., Doctor of Geography, Professor, Scientific Director of the Institute of Steppe of the Ural branch, RAS, academician of RAS, Orenburg, Russia;
Elizbarashvili Nodar K., Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of Regional Geography and Landscape Planning, I. Javakhishvili TSU, Tbilisi, Georgia;
Eminov Zakir N., Doctor of Geography, Professor, General Director of Institute of Geography, ANAS, Baku, Azerbaijan.

Editorial Council

Ataev Zagir V., Ph.D. (Geography), Professor, Director of the Research Institute of Biogeography and Landscape Ecology, Gamzatov DSPU, Makhachkala, Russia – Chairman;
Asadulaev Zagirbeg M., Doctor of Biology, Professor, Director of Mountain Botanical Garden, DFRC RAS, Makhachkala, Russia;
Belikov Mikhail Yu., Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of International Tourism and Management, Director of Institute of Geography, Geology, Tourism and Service, KSU, Krasnodar, Russia;
Bratkov Vitaly V., Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of Geography, MSUGC, Moscow, Russia;
Bulaeva Nurzhagan M., Doctor of Technical Science, Professor, Director of Center of the Conjugated Monitoring of Environment and Natural Resources, Makhachkala, Russia;
Gavrilov Yuri O., Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Head of the laboratory of Sedimentology and Geochemistry of Sedimentary Basins, Geological Institute, RAS, Moscow, Russia;
Gasanaliev Abdulla M., Doctor of Chemistry, Professor, Department of Chemistry, Director of Research Institute of General and Inorganic Chemistry, Gamzatov DSPU, Makhachkala, Russia;
Gafurov Malik M., Doctor of Physics and Mathematics, Head of ACCU DFRC RAS, First Deputy Chairman of DFRC RAS, Makhachkala, Russia;
Gunya Aleksey N., Doctor of Geography, Professor, Department of Physical Geography of the World and Geoecology, Lomonosov MSU; Senior Researcher, Department of Physical Geography and Environmental Problems, Institute of Geography, RAS, Moscow, Russia;
Guseynov Rizvan M., Doctor of Chemistry, Professor, Department of Chemistry, Gamzatov DSPU, Makhachkala, Russia;
Idrisov Idris A., Ph.D. (Geography), Leading Researcher, Laboratory of Hydrogeology and Geoecology, Institute of Geology, DFRC RAS, Makhachkala, Russia;
Ismailov Eldar Sh., Doctor of Biology, Professor, Department of Chemistry, DSTU, Makhachkala, Russia;
Kalov Rizuan O., Doctor of Geography, Professor, Department of Economy AIC, KBSAU, Nalchik, Russia;
Klichkhanov Nisred K., Doctor of Biology, Professor, Department of Biochemistry and Biophysics, DSU, Makhachkala, Russia;
Kochkarov Zhamal A., Doctor of Chemistry, Professor, Department of General, Inorganic and Physical Chemistry, KBSU, Nalchik, Russia;
Kurolap Semyon A., Doctor of Geography, Professor, Dean of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, VSU, Voronezh, Russia;
Likhovid Andrey A., Doctor of Geography, professor, Department of Ecology and Nature Management, Institute of Earth Science, First Vice-Rector of NCFU, Stavropol, Russia;
Lugovskoy Alexander M., Doctor of Geography, professor, Department of Geography, MIIGAiK, Moscow, Russia;
Lupeyko Timofey G., Doctor of Chemistry, Professor, Head of the Department of General and Inorganic Chemistry, SFEDU, Rostov-on-Don, Russia;
Lysenko Aleksey V., Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of Physical Geography and Cadaster, Institute of Earth Science, NCFU, Stavropol, Russia;
Magomedova Manadi A., Ph.D. (Biology), Associate Professor, Head of the Department of Biology, Ecology and Teaching Methods, Gamzatov DSPU, Makhachkala, Russia;
Mammaev Omar A., Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Head of the laboratory of Geothermal Resources, Institute of Geothermal Problems DFRC RAS, Makhachkala, Russia;
Melky Vyacheslav A., Doctor of Technical Science, Leading Researcher, Laboratory of Volcanology and Volcano Hazard, Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia;
Muduev Shakhmardan S., Doctor of Geography, Professor, Leading Researcher, Institute of Management, Economics, Politics and Sociology, DSUNE, Makhachkala, Russia;
Pogorelov Anatoly V., Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of Geoinformatics, KubSU, Krasnodar, Russia;
Rabazanov Nukhkadi I., Doctor of Biology, Professor, Director of the Caspian Institute of Biological Resources, DFRC RAS, Makhachkala, Russia;
Razumov Victor V., Doctor of Geography, Professor, Leading Researcher, Department of Genesis, Geography, Classification and Digital Mapping of Soils, Soil Cover Monitoring laboratory, V. V. Dokuchaev Soil Institute, Moscow, Russia;
Ramazanov Arsen Sh., Doctor of Chemistry, Professor, head of the Department of Analytical and Pharmaceutical Chemistry, DSU, Makhachkala, Russia;
Sfieva Diana K., Ph.D. (Technical Science), Associate Professor, Head of the Editorial and Publishing Department, Gamzatov DSPU, Makhachkala, Russia;
Talanov Valery M., Doctor of Chemistry, Professor, Head of the Department of General and Inorganic Chemistry, SRSPU (NPI), Novocherkassk, Russia;
Teslenok Sergey A., Ph.D. (Geography), Associate Professor, Higher Ecological School, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia;
Trunin Alexander S., Doctor of Chemistry, Professor, Head of D.I. Mendeleev Laboratory of Physicochemical Analysis, Nayanova Academy, Samara, Russia;
Cherkashin Vasily I., Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Chief Researcher, Head of the laboratory of Regional Geology and Solid Mineral Resources, Institute of Geology, DFRC RAS, Makhachkala, Russia.

Journal accepted for publication 20.01.2026
Published 02.02.2026

© Authors of the articles, 2025
© Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, 2025

Concerning the advertising and publication issues, you should address to our editorial office:
57, Yaragskogo Str., Makhachkala, 367000. Editorial and Publishing Department, Gamzatov DSPU.
Phone: (8722) 561252; https://dgpu.net/ru/; e-mail: dgpurio@yandex.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Шубина А. А., Орлова Т. Н. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОФИЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕВОФЛОКСАЦИНА, ОФЛОКСАЦИНА И НОРФЛОКСАЦИНА И ИХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С МЕДЬЮ (II) 5

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Анисимова В. В., Волкова Т. А., Карагян А. В., Жаворонков Д. В., Ряскин А. А. ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КАТАСТРОФЫ (РАЗЛИВ НЕФТЕПРОДУКТОВ) НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГОСТИНИЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В КУРОРТНОЙ ЗОНЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ 16

Атаев З. В., Гюльмагомедов А. М., Джамалдинов Д. Ш., Зангиева М. Р.,
Нуралиев М. Э., Фролов Д. А., Хусаинов И. М., Шерифова З. Х. СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛАНДШАФТОВ КАВКАЗСКО-КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И КОЛЕБАНИЙ СОВРЕМЕННОГО УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ 28

Гаджиева З. М., Набиев О. С., Акавова Г. К. ФАКТОРЫ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ГОРОДА МАХАЧКАЛЫ 45

Керимов А. М., Акшаяков З. Т., Долова М. Л. ЛАВИННЫЙ РИСК НА ВСЕСЕЗОННОМ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОМ КОМПЛЕКСЕ «ЭЛЬБРУС» 54

Колесникова Е. И., Тесленок С. А., Калашникова Л. Г., Лебедев Э. А. ОПЫТ, ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В РЕГИОНАЛЬНОМ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ И МОНИТОРИНГЕ ДИНАМИКИ ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ 62

Кушнир К. В. ТРАНСРЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ ПРИАЗОВЬЯ 74

Паташова Е. С., Скрипчинская Е. А. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРОДСКИХ ПОЧВ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ ИЗОБИЛЬНОГО И НЕВИННОМЫССКА) 82

Фонова С. И., Эпиташвили А. В., Чаплина А. В., Скопов М. В. ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВ В ЗОНАХ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ ГОРОДА ВОРОНЕЖА 100

Чигирова Л. Б. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АКВАТОРИИ ВОДОХРАНИЛИЩА И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ КАШХАТАУСКОЙ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (КАБАРДИНО-БАЛКАРСКАЯ РЕСПУБЛИКА) 109

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ 117

CONTENTS

CHEMICAL SCIENCES

Shubina A. A.*, *Orlova T. N. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BIOLOGICAL ACTIVITY PROFILES OF LEVOFLOXACIN, OFLOXACIN AND NORFLOXACIN AND THEIR COPPER (II) COMPLEXES 5

EARTH SCIENCE

Anisimova V. V., Volkova T. A., Karagyan A. V., Zhavoronkov D. V., Ryaskin A. A. THE IMPACT OF AN ENVIRONMENTAL DISASTER (OIL SPILL) ON HOTEL OPERATIONS IN THE RESORT AREA OF THE KRASNODAR TERRITORY 16

Ataev Z. V., Gyulmagomedov A. M., Dzhamaldinov Dzh. Sh., Zangieva M. R., Nuraliev M. E., Frolov D. A., Khusainov I. M., Sherifova Z. Kh. SEASONAL CHANGES IN THE LANDSCAPES OF THE CAUCASUS-CASPIAN REGION UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS AND FLUCTUATIONS IN THE CASPIAN SEA CURRENT LEVEL 28

Gadzhieva Z. M., Nabiev O. S., Akavova G. K. FACTORS OF TOURISM ATTRACTIVENESS OF MAKHACHKALA CITY 45

Kerimov A. M.*, *Akshayakov Z. T., Dolova M. L. AVALANCHE RISK AT ELBRUS ALL-SEASON TOURIST AND RECREATIONAL COMPLEX 54

Kolesnikova E. I., Teslenok S. A., Kalashnikova L. G., Lebedev E. A. EXPERIENCE, CAPABILITIES AND PROSPECTS OF SPACE SENSING IN REGIONAL GEOECOLOGICAL ANALYSIS AND MONITORING OF LANDSCAPE STRUCTURE DYNAMICS AND NATURE MANAGEMENT 62

Kushnir K. V. TRANSREGIONAL PROCESSES AND PROSPECTS FOR SPATIAL DEVELOPMENT OF THE AZOV SEA REGION 74

Patashova E. S., Skripchinskaya E. A. METHODOLOGICAL ASPECTS OF STUDYING THE URBAN SOILS STABILITY TO THE IMPACT OF NATURAL AND ECONOMIC FACTORS (USING IZOBILNY AND NEVINNOMYSSK TOWNS AS EXAMPLES) 82

Fonova S. I.*, *Epitashvili A. V., Chaplina A. V., Skopov M. V. GEOCHEMICAL SOIL INVESTIGATION IN THE AREAS OF GAS STATIONS IN VORONEZH CITY 100

Chigirova L. B. CURRENT STATE OF THE RESERVOIR AND ADJACENT TERRITORY OF THE KASHKHATAU HYDROELECTRIC POWER STATION (KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC) 109

RULES FOR AUTHORS 117

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Химические науки / Chemical Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 54-386:546.56:615.33
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-5-15
EDN: GEJMEE

Сравнительный анализ профиля биологической активности левофлоксацина, офлоксацина и норфлоксацина и их комплексных соединений с медью (II)

©2025**Шубина А. А.**✉, **Орлова Т. Н.**
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова
Ярославль, Россия, annashubina100@gmail.com✉, eagle0802@mail.ru

РЕЗЮМЕ. **Цель** работы – исследование закономерностей взаимодействия фторхинолонов (левофлоксацина, офлоксацина и норфлоксацина) с приоритетной биологической мишенью и профиля биологической активности до и после образования комплексных соединений с Cu (II). **Методы** исследования – инфракрасная, электронная спектроскопия в сочетании с программным обеспечением PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances) Online. **Результаты.** В результате синтеза получены комплексные соединения Cu (II) с левофлоксацином, норфлоксацином и офлоксацином с выходами 83,9-92,1 %, образование которых подтверждено данными инфракрасной (ИК) и ультрафиолетовой (УФ) спектроскопии, показавшими батохромный сдвиг до 774-802 нм и координацию через карбоксилат-анион. Прогноз биологической активности (PASS Online) выявил, что комплексы сохраняют антибактериальный эффект (P_a для модифицированного норфлоксацина = 0,869), при этом количество побочных эффектов значительно снижается, например, для левофлоксацина и офлоксацина с 53 до 21. **Выводы**. Комплексообразование с Cu (II) стабилизирует фторхинолоны и существенно снижает их прогнозируемую токсичность, незначительно уменьшая при этом антимикробную активность, что открывает перспективы для создания менее токсичных лекарственных форм и разработки спектрофотометрических методов анализа.

Ключевые слова: комплексные соединения, медь, фторхинолоны, биологическая активность, токсичность, ИК-спектроскопия, электронная спектроскопия.

Формат цитирования: Шубина А. А., Орлова Т. Н. Сравнительный анализ профиля биологической активности левофлоксацина, офлоксацина, норфлоксацина и их комплексных соединений с медью (II) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 4. С. 5-15. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-5-15. EDN: GEJMEE

Comparative Analysis of the Biological Activity Profiles of Levofloxacin, Ofloxacin and Norfloxacin and their Copper (II) Complexes

©2025**Anna A. Shubina**✉, **Tatyana N. Orlova**
P. G. Demidov Yaroslavl State University
Yaroslavl, Russia, annashubina100@gmail.com✉, eagle0802@mail.ru

ABSTRACT. The **aim** of the paper is to investigate the interaction patterns of fluoroquinolones (levofloxacin, ofloxacin and norfloxacin) with a priority biological target and the biological activity profile before and after the formation of Cu (II) complexes. The research **methods** included infrared and electron spectroscopy in combination with PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances) Online software. **Results.** The synthesis resulted in copper (II) complexes with levofloxacin, norfloxacin and ofloxacin in yields of 83.9-92.1 %. The formation of these compounds was confirmed by IR and UV spectroscopy, which showed a bathochromic shift to 774-802 nm and coordination via the carboxylate anion. Prediction of biological activity (PASS Online) revealed that the complexes retain their antibacterial effect (Pa for modified norfloxacin = 0.869), while the incidence of side effects is significantly reduced, for example, for levofloxacin and ofloxacin from 53 to 21. **Conclusions.** Complexation with Cu (II) stabilizes fluoroquinolones and significantly reduces their predicted toxicity, while slightly reducing their antimicrobial activity, which opens up prospects for the creation of less toxic dosage forms and the development of spectrophotometric analysis methods.

Keywords: complexes, copper, fluoroquinolones, biological activity, toxicity, IR spectroscopy, electron spectroscopy.

For citation: Shubina AA, Orlova TN. Comparative Analysis of the Biological Activity Profiles of Levofloxacin, Ofloxacin and Norfloxacin and their Copper (II) Complexes. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(4):5-15. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-5-15 EDN: GEJMEE

Введение

Фторхинолоны (включая норфлоксацин, офлоксацин и левофлоксацин) ингибируют ДНК-гиразу и топоизомеразу IV, что приводит к предотвращению репликации ДНК и бактерицидному эффекту, определяющему широкий спектр антимикробной активности [1]. По данным исследований по объемам потребления антибиотиков в России значительное место среди амбулаторных назначений занимали пенициллины, макролиды, линкозамиды и хинолоны. При этом в 2020 г. один из трёх антибиотиков, по которым наблюдался значительный рост потребления, был левофлоксацин [2]. Кроме того, в русскоязычном обзоре по фторхинолонам на российском рынке зарегистрировано 19 названий для офлоксацина, 9 – для норфлоксацина, что указывает на широкую доступность и распространенность данных препаратов среди населения [3].

Норфлоксацин – один из «ранних» фторхинолонов; исторически он приобрёл клиническое значение главным образом в урологии и при инфекциях мочевыводящих путей: он эффективен против *Enterobacteriaceae*, ряда штаммов *Pseudomonas* и некоторых грамположительных микроорганизмов, но уступает более поздним препаратам по активности при системных и респираторных инфекциях [4]. Офлоксацин – рацемическая фракция (смесь R- и S-энантиомеров) с широким спектром *in vitro* активности против грамположительных и грамотрицательных бактерий [5]; тем не менее по ряду показателей (особенно против ряда грамположительных штаммов) он обычно уступает S-энантиомеру – левофлоксацину [6]. Классические обзоры фармакологии и фармакокинетики офлоксацина подчёркивают его широкое клиническое применение, но отмечают уступки более новым фторхинолонам [7]. Левофлоксацин в силу своей стереоспецифичности демонстрирует чаще более высокую активность против грамположительных патогенов (включая *Streptococcus pneumoniae* и др.), а его биодоступность может достигать 99 % в ряде случаев [8].

Несмотря на все указанные преимущества хинолоновых антибиотиков, авторами широко отмечается наличие побочных эффектов [9], более того, металл может сам по себе обеспечивать дополнительный токсический механизм (например, образование реактивных кислородных видов, повреждение мембран или каталитическое расщепление ДНК); комплексы иногда имеют иной профиль связывания с биомолекулами-мишенями, что потенциально обходило бы отдельные механизмы резистентности [10].

Целью данного исследования является исследование закономерностей взаимодействия фторхинолонов (левофлоксацина, офлоксацина и норфлоксацина) с приоритетной биологической мишенью и профиля биологической активности до и после образования комплексных соединений с Cu (II).

Материалы и методы исследования

Электронные спектры записаны на приборе ПЭ-5400 УФ компании «Экросхим», ИК – на спектрометре Perkin Elmer Spectrum 65 с Фурье-преобразованием методом нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). Использовано следующее

программное обеспечение: PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances) Online (профиль вероятной биологической активности), Avogadro v.1.2.0 (визуализация целевых объектов), MOPAC2016 (оптимизация геометрических параметров соединений), AutoDock MGL Tools v.1.5.7, AutoDock Vina v.4.2.6 (проведение молекулярного докинга).

При осуществлении синтетических экспериментов использовался следующий коммерчески доступный перечень реактивов: соляная кислота (х. ч.), медь азотнокислая (II) 3-водная (ч. д. а., АО «ЛенРеактив»), ацетон (х. ч., АО «ЭКОС-1»).

Органические лиганды – лекарственные вещества класса фторхинолонов – выделены из твердых лекарственных форм (таблеток) согласно методике, описанной в экспериментальной части.

Экспериментальная часть

Методика выделения лигандов – фторхинолонов (левофлоксацина, норфлоксацина и офлоксацина) из лекарственной формы. Точную навеску порошка измельченной таблетки, эквивалентную содержанию 25 мг действующего вещества, добавляли в химический стакан, содержащий 40 мл 0,01 М раствора хлороводородной кислоты и перемешивали на магнитной мешалке в течение 10 мин., раствор переносили в мерную колбу на 50 мл и доводили до метки аналогичным растворителем. Полученный раствор фильтровали через фильтр типа «белая лента». Концентрация выделенного лиганда в виде раствора составила 0,5 мг/мл.

Методика синтеза комплекса Cu (II) с фторхинолонами (левофлоксацином, норфлоксацином и офлоксацином). 10 мл солянокислого раствора фторхинолона (лиганда) поместили в химический стакан объемом 100 мл, нейтрализовали щелочью (NaOH) до pH = 7. К полученному раствору прибавляли 5 мл 20 % водного раствора $Cu(NO_3)_2$, после чего перемешивали в течение 7 мин. на магнитной мешалке. По истечении указанного временного промежутка полученные комплексные соединения извлекали из водной фазы добавлением 30 мл ацетона и центрифугировали при 5 тыс. об./мин., фильтровали, промывали спиртом от остатков лиганда и высушивали в сушильном шкафу при 60 °С в течение нескольких часов до постоянной массы. Полученные соединения легко растворимы в дистиллированной воде, диметилсульфоксиде, диметилформамиде, мало растворимы в диэтиловом эфире, изопропиловом, этиловом спиртах и ацетоне и практически нерастворимы в гексане и хлороформе. Отмечена стабильность соединений при комнатной температуре и низкая склонность к окислению на воздухе или разложению. Данные о каждом из целевых продуктов синтеза представлены в таблице 1.

Результаты и их обсуждение

Исследование состава, предполагаемой структуры и способа координации в комплексных соединениях проводилось на основании инфракрасных и электронных спектров.

УФ-Вид спектроскопия. Растворы фторхинолонов имеют характерные электронные спектры, основной максимум поглощения в которых в зависимости от растворителя присутствует в диапазоне 270-310 нм. В случае использования в качестве раствора сравнения 0,01 М соляной кислоты максимумы поглощения составили 292, 275, 291 нм для левофлоксацина (рис. 1-3), норфлоксацина и офлоксацина соответственно, что полностью согласуется с литературными данными [11-13]. Рассматриваемые пики соответствуют $n \rightarrow \pi^*$ переходам карбоксильной (4 положение пиридонового кольца) и карбонильной групп, по которым и происходит координация с комплексообразователем.

Таблица 1. **Данные о свойствах комплексов Cu (II) с фторхинолонами**
Table 1. Data about the properties of Cu (II) complexes with fluoroquinolones

Название комплексного соединения Name of the complex substance	**Выход, %** Yield, %	**Температура плавления, °С** Melting point, °C	**Описание** Description
Комплекс Cu (II) с левофлоксацином	83,9	252-257	Мелкий кристаллический порошок травянисто-зелёного цвета
Комплекс Cu (II) с норфлоксацином	92,1	243-247	Мелкий кристаллический порошок светло-зелёного цвета
Комплекс Cu (II) с офлоксацином	88,6	241-245	Мелкий кристаллический порошок изумрудно-зелёного цвета

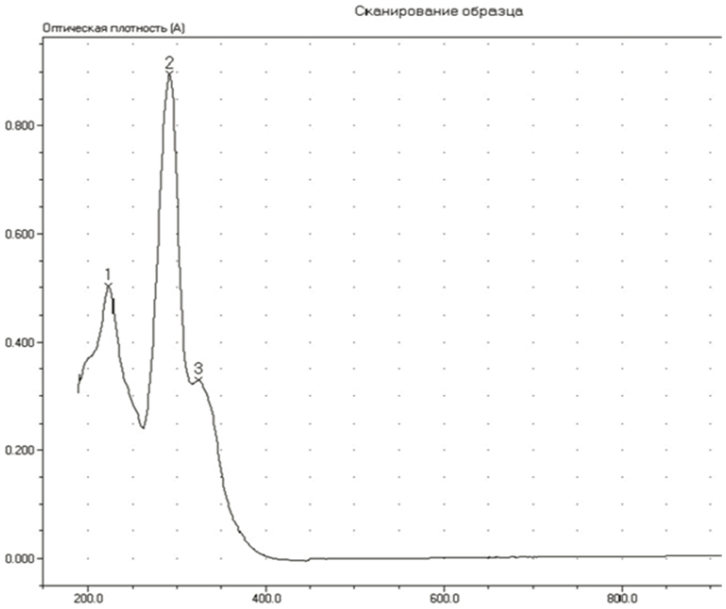


Рис. 1. **Электронный спектр левофлоксацина (λ_{max} = 292 нм)**
Fig. 1. Levofloxacin electronic spectrum (λ_{max} = 292 nm)

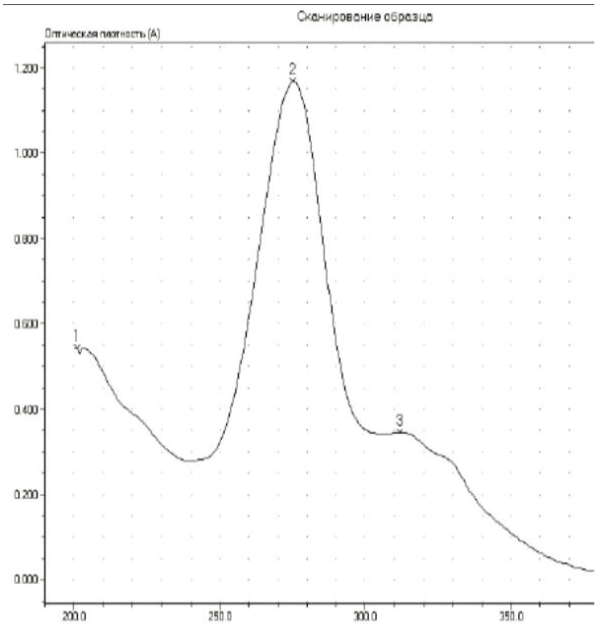


Рис. 2. **Электронный спектр норфлоксацина (λ_{max} = 275 нм)**
Fig. 2. Norfloxacin electronic spectrum (λ_{max} = 275 nm)

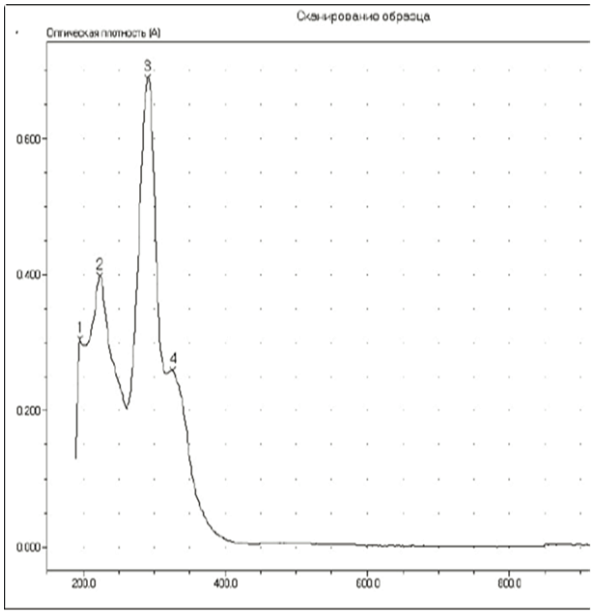


Рис. 3. **Электронный спектр офлоксацина (λ_{max} = 291 нм)**
Fig. 3. Ofloxacin electronic spectrum (λ_{max} = 291 nm)

При образовании комплексных соединений Cu (II) с фторхинолонами наблюдается батохромный сдвиг в видимую область (до 700-800 нм) (рис. 4-6).

Наблюдаемый переход обусловлен запрещенными по четности LMCT-переходами (d-d типа), сопровождающимися переносом заряда и характерными для образования комплексных соединений при взаимодействии нижней вакантной молекулярной орбитали катиона d-элемента (Cu^{2+}) с верхней занятой молекулярной орбиталью кислород-донорных атомов лиганда (представителя фторхинолонов). Информация о сдвигах и переходах, наблюдающихся в электронных спектрах соединений, приведена в таблице 2.

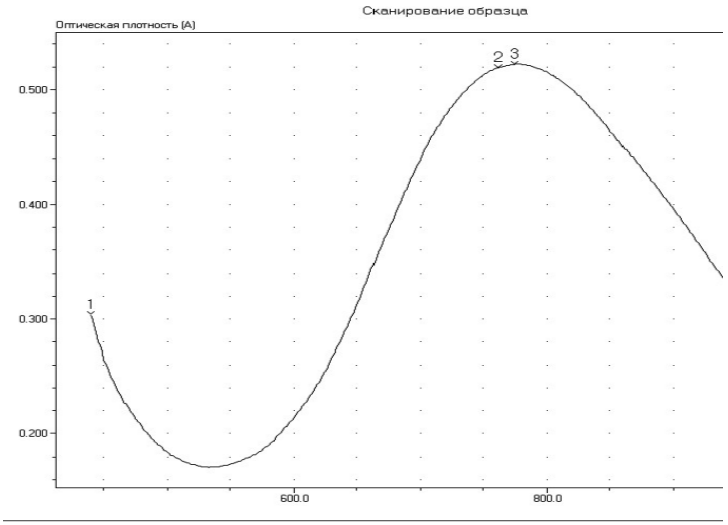


Рис. 4. **Электронный спектр комплекса Cu (II) с левофлоксацином (λ_{max} = 774 нм)**
Fig. 4. Electronic spectrum of Cu (II) complex with levofloxacin (λ_{max} = 774 nm)

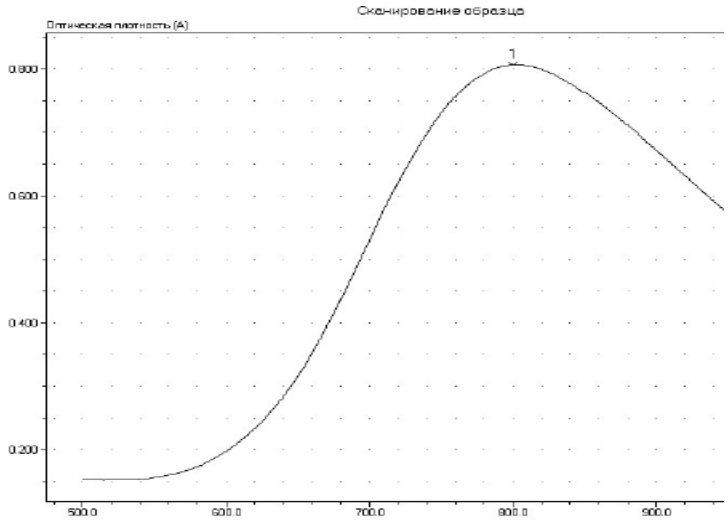


Рис. 5. **Электронный спектр комплекса Cu (II) с норфлоксацином (λ_{max} = 800 нм)**
Fig. 5. Electronic spectrum of Cu (II) complex with norfloxacin (λ_{max} = 800 nm)

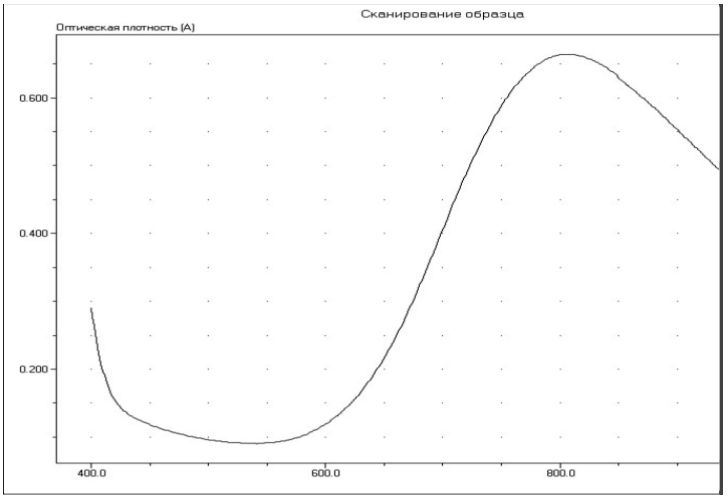


Рис. 6. **Электронный спектр комплекса Cu (II) с офлоксацином (λ_{max} = 802 нм)**
Fig. 6. Electronic spectrum of Cu (II) complex with ofloxacin (λ_{max} = 802 nm)

Таблица 2. **Данные об электронных спектрах комплексов Cu (II) с фторхинолонами и лигандах**
Table 2. Data about the electronic spectra of Cu (II) complexes with fluoroquinolones and ligands

Название комплексного соединения Name of the complex substance	**Максимум поглощения комплекса, нм** Maximum absorption of the complex, nm	**Максимум поглощения лиганда, нм** Maximum absorption of the ligand, nm	**Δλ, нм** Δλ, nm
Комплекс Cu (II) с левофлоксацином	774	292	482
Комплекс Cu (II) с норфлоксацином	800	275	525
Комплекс Cu (II) с офлоксацином	802	291	511

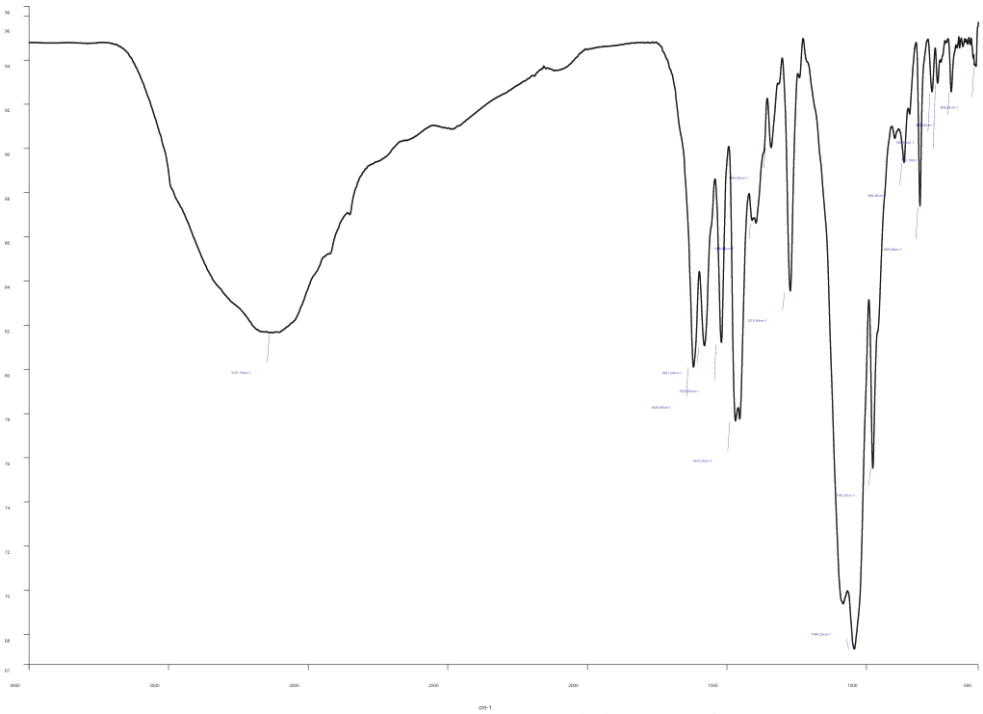


Рис. 7. **ИК-спектр комплекса Cu (II) с левофлоксацином**
Fig. 7. IR spectrum of Cu (II) complex with levofloxacin

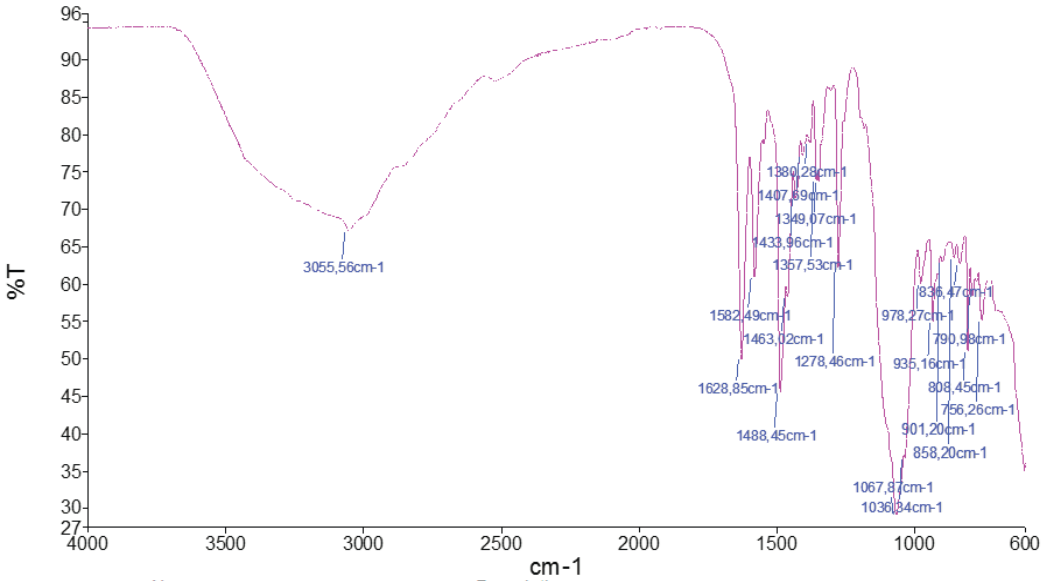


Рис. 8. **ИК-спектр комплекса Cu (II) с норфлоксацином**
Fig. 8. IR spectrum of Cu (II) complex with norfloxacin

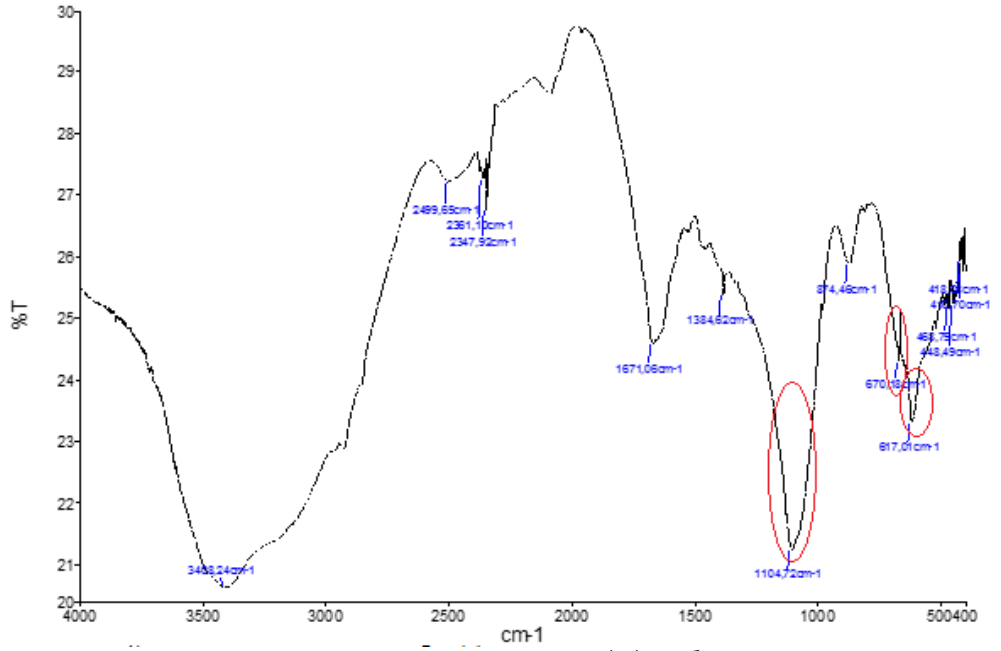


***Рис. 9.* ИК-спектр комплекса Cu (II) с офлоксацином**
Fig. 9. IR spectrum of Cu (II) complex with ofloxacin

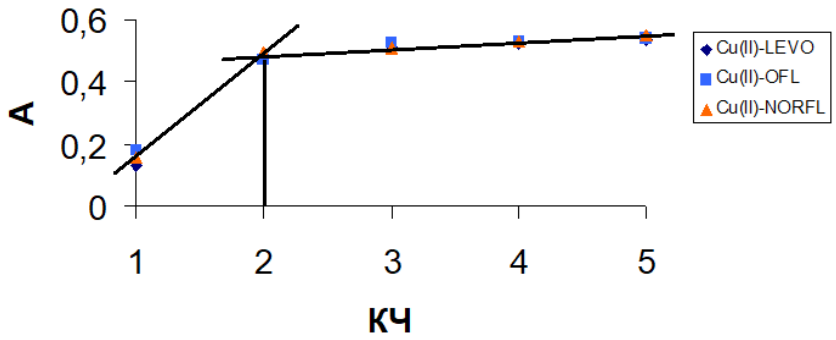


***Рис. 10.* Определение координационного числа комплексов Cu (II) с фторхинолонами**
Fig. 10. Determination of the coordination number of Cu (II) complexes with fluoroquinolones

ИК-спектроскопия. На ИК-спектрах исследуемых соединений обнаружено наличие интенсивной характерной полосы поглощения Cu^{2+}-O в области около 1030-1040 $см^{-1}$, что однозначно подтверждает присутствие указанного комплексообразователя в структуре. Комплексообразование осуществляется через карбоксилат-анион, что связано с использованием щелочи при синтезе с целью предварительного депротонирования лиганда. Для комплексов значение $\Delta\nu = \nu_{асимм}(COO^-)-\nu_{симм}(COO^-)$ составляет 223 $см^{-1}$ (Cu^{2+}-LEVO), 249 $см^{-1}$ (Cu^{2+}-NORFL), 286 $см^{-1}$ (Cu^{2+}-OFL), что означает преимущественно монодентатную координацию карбоксилат-аниона и сильную асимметрию, особенно проявляющуюся в случае офлоксацина (рацемической формы левофлоксацина). Левофлоксацин – L-изомер офлоксацина, следовательно, его кристаллы упакованы более упорядочено, что приводит к большей симметрии в структуре. Колебательные спектры представлены на рисунках 7-9 и подробно описаны в таблице 3.

Координационное число комплексных соединений определяли методом молярных отношений. График зависимости оптической плотности от соотношения «лиганд : металл» представлен на рисунке 10 для комплексных соединений Cu (II) с исследуемыми представителями фторхинолонов, информация об условиях эксперимента – в таблице 4. Излом на графике при соотношении количеств веществ металла и лиганда 1:2 соответствует координационному числу 2.

Таблица 3. **Данные об ИК-спектрах комплексов Cu (II) с фторхинолонами и лигандах**
Table 3. Data on the infrared spectra of Cu (II) complexes with fluoroquinolones and ligands

ν(Cu^{2+}-LEVO), $см^{-1}$ ν(Cu^{2+}-LEVO), cm^{-1}	**ν(Cu^{2+}-NOFRL), $см^{-1}$** ν(Cu^{2+}-NOFRL), cm^{-1}	**ν(Cu^{2+}-OFL), $см^{-1}$** ν(Cu^{2+}-OFL), cm^{-1}	**Интенсивность колебания** Oscillation intensity	**Группа атомов, соответствующая колебанию** Group of atoms corresponding to the oscillation
3127	3056	3468, 2500 (-OH)	средняя	Валентное колебание C-H ароматического кольца; возможно наложение на -OH
1620	1629	1671	сильная	Асимметричное валентное колебание COO^-
1581	1582	–	средняя	Валентное колебание C = C ароматического кольца
1470	1488	–	средняя	Деформационные колебания CH_2, C-N (пиперазинового кольца)
1397	1380	1385	сильная	Симметричное валентное колебание COO^-
1343	1349	–	средняя	Валентное колебание C-N / деформационное C-H
1274	1278	–	средняя	Валентные колебания C-O, C-N
1044	1068, 1036	1105	средняя	Колебания Cu^{2+}-O
978	978	–	средняя	Колебания C-F
866-697	858-756	874-670	слабая	Внеплоскостные деформационные колебания C-H ароматических колец
608	–	617	средняя	Валентные колебания Cu^{2+}-O

Таблица 4. **Определение координационного числа комплексов Cu (II) с фторхинолонами**
Table 4. Determination of the coordination number of copper (II) complexes with fluoroquinolones

A(Cu^{2+}-LEVO) A(Cu^{2+}-LEVO)	**A(Cu^{2+}-NOFRL)** A(Cu^{2+}-NOFRL)	**A(Cu^{2+}-OFL)** A(Cu^{2+}-OFL)	**V раствора Cu^{2+}, C = 0,02 М, мл** V(Cu^{2+} solution), ml; C=0,02 M	**V раствора лиганда, C = 0,02 М, мл;** V ligand solution, C = 0,02 M	**V_{H2O}, мл** V_{H2O}, ml	**$V_{кюветы}$, мл** $V_{cuvette}$, ml	**Координационное число** Coordination number
0,127	0,182	0,159	0,5	0,5	3,0	4,0	1
0,486	0,471	0,492	0,5	1	2,5	4,0	2
0,512	0,528	0,506	0,5	1,5	2,0	4,0	3
0,522	0,530	0,529	0,5	2	1,5	4,0	4
0,537	0,541	0,548	0,5	2,5	1,0	4,0	5

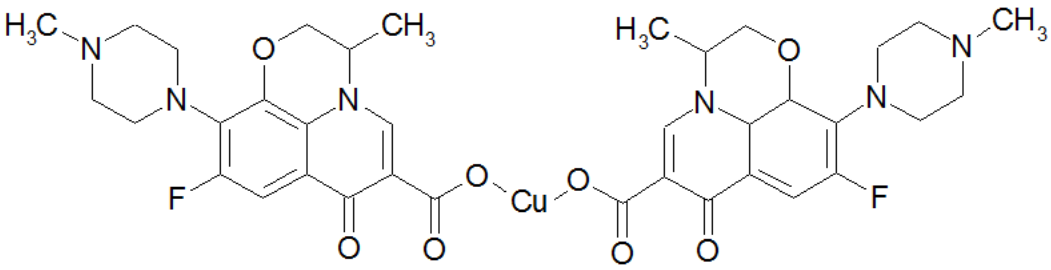


Рис. 11. **Структура комплексного соединения Cu (II) с левофлоксацином**
Fig. 11. Structure of Cu (II) complex with levofloxacin

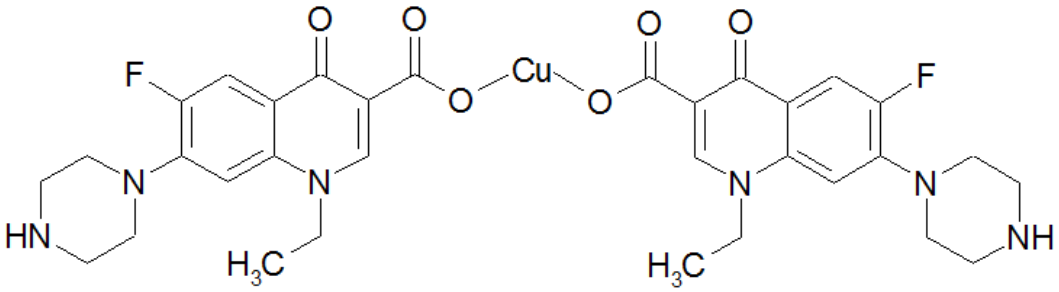


Рис. 12. **Структура комплексного соединения Cu (II) с норфлоксацином**
Fig. 12. Structure of Cu (II) complex with norfloxacin

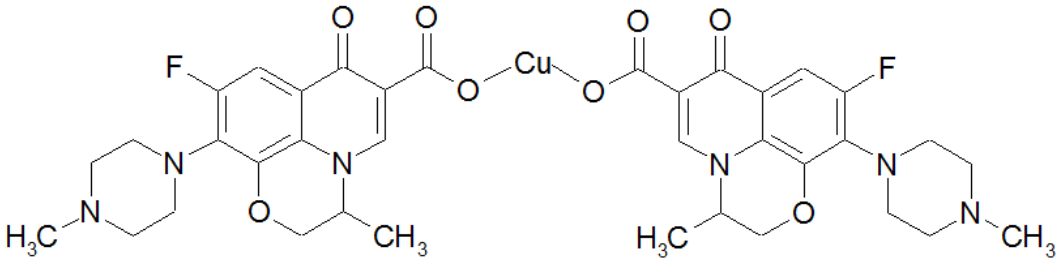


Рис. 13. **Структура комплексного соединения Cu (II) с офлоксацином**
Fig. 13. Structure of Cu (II) complex with ofloxacin

Таблица 5. **Данные о вероятности биологической активности комплексов Cu (II) с фторхинолонами и фторхинолонов (лигандов); $P_a > 0,7$, данные о P_i приведены в скобках**
Table 5. Data on the probability of biological activity of Cu (II) complexes with fluoroquinolones and fluoroquinolones (ligands); $P_a > 0,7$, data on P_i are given in brackets

Биологическое воздействие, в т. ч. побочные эффекты Biological activity, including toxic effects	**LEVO**	**OFL**	**NORFL**	**Cu(II)-LEVO**	**Cu(II)-OFL**	**Cu(II)-NORFL**
Антибактериальный эффект	0,944 (0,001)	0,944 (0,001)	0,934 (0,001)	0,707 (0,001)	0,707 (0,001)	0,869 (0,001)
Галлюцинации, бред	0,965 (0,003)	0,954	0,955 (0,003)	0,906 (0,005)	0,903 (0,005)	0,858
Гипергликемия	0,951 (0,002)	0,970 (0,002)	0,841 (0,005)	0,876 (0,004)	0,875 (0,004)	0,738 (0,020)
Ацидоз	0,951 (0,002)	0,969 (0,003)	0,935 (0,006)	0,854 (0,014)	0,856 (0,013)	0,889 (0,010)
Аллергический контактный дерматит	0,949 (0,002)	0,978 (0,001)	0,972 (0,002)	0,857 (0,004)	0,851 (0,004)	0,940 (0,001)

Основываясь на интерпретации результатов экспериментов и спектров, полученных ранее, есть основания предположить структуры комплексных соединений (рис. 11-13).

Рассмотрим изменение биологической активности (P_a) фармацевтических субстанций фтохинолонов, используя программу PASS Online [14], также учитывая при анализе вероятность отсутствия активности (P_i). Наибольшее количество побочных эффектов наблюдается у левофлоксацина (53), и при образовании комплекса с медью их количество сократилось до 21 (аналогично в случае офлоксацина), для норфлоксацина их количество уменьшилось с 25 до 11 (табл. 5.)

Результаты компьютерного моделирования вероятности биологической активности в PASS Online показывают, что количество видов токсического воздействия при образовании комплексов существенно уменьшается в среднем на 10,62 %. Но вместе с тем активность структуры как антибиотика также падает, что согласуется с механизмом действия фторхинолонов вследствие наличия карбоксильной группы – хелатирование ионов металлов, являющихся кофакторами в бактериальных ферментах. Однако данный механизм не является единственным для фторхинолонов [15], а в случае комплекса Cu (II) с норфлоксацином вероятность проявления антибактериального эффекта остаётся высокой *(P_a = 0,869)* при значительном уменьшении

числа побочных эффектов. Падение активности происходит на 10 % вероятности, что объясняется однодентатной координацией (в случае бидентатной, возможно, антибактериальное воздействие было бы выражено еще меньше).

Таким образом, вполне вероятно применение реакции комплексообразования Cu (II) с фторхинолонами для последующего аналитического определения препаратов спектрофотометрическим методом в видимой области спектра.

Заключение

В результате синтеза получены комплексные соединения Cu (II) с левофлоксацином, норфлоксацином и офлоксацином с выходами 83,9-92,1 %, образование которых подтверждено данными ИК- и УФ-спектроскопии, показавшими батохромный сдвиг до 774-802 нм и координацию через карбоксилат-анион. Как показывают данные прогноза биологической активности (PASS Online), при химической модификации количество побочных эффектов снижается (для левофлоксацина и офлоксацина с 53 до 21), при этом наблюдается незначительное уменьшение вероятности антибактериальной активности (с P_a = 0,934 у норфлоксацина до P_a = 0,869 у его комплекса с Cu (II)).

Список источников

1. Hooper DC, Jacoby GA Topoisomerase inhibitors: fluoroquinolone mechanisms of action and resistance. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 2016;6(9):a025320. DOI: 10.1101/cshperspect.a025320

2. Зацепина Е. Е. Клиническая фармакология фторхинолонов // Научный лидер. 2022. № 28(73). С. 76-77. EDN: CFMHSA

3. Zakharenkov IA, Rachina SA, Kozlov RS, Belkova YuA Consumption of systemic antibiotics in the Russian Federation in 2017-2021. *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. 2022;24(3):220-225. DOI: 10.36488/cmac.2022.3.220-225

4. Ходош Э. М. Хинолоны, нафтиридоны и фторхинолоны: фармакокинетика и клиническое применение // Новости медицины и фармации. 2012. №. 1(408). С. 66-71. EDN: REODJH

5. Hayakawa I, Atarashi S, Yokohama S, Imamura M, et al. Synthesis and antibacterial activities of optically active ofloxacin. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 1986;29(1):163-164. DOI: 10.1128/aac.29.1.163

6. Kong Y, Geng Zh, Jiang G, Jia J, et al. Comparison of the *in vitro* antibacterial activity of ofloxacin, levofloxacin, moxifloxacin, sitafloxacin, finafloxacin, and delafloxacin against Mycobacterium tuberculosis strains isolated in China. *Heliyon*. 2023;9(11):e21216. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e21216

7. Estradé O, Vozmediano V, Carral N, Isla A, et al. Key factors in effective patient-tailored dosing of fluoroquinolones in urological infections: interindividual pharmacokinetic and pharmacodynamic variability. *Antibiotics*. 2022;11(5):641. DOI: 10.3390/antibiotics11050641

8. Sabei FY, Safhi AY, Alsalhi A, Khanet KA, et al. Preparation and in vitro evaluation of levofloxacin-loaded floating tablets using various rate-controlling agents. *ACS Omega*. 2023;8(45):42659-42666. DOI: 10.1021/acsomega.3c05419

References

1. Hooper DC, Jacoby GA Topoisomerase inhibitors: fluoroquinolone mechanisms of action and resistance. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 2016;6(9):a025320. DOI: 10.1101/cshperspect.a025320

2. Zatsepina EE. Clinical pharmacology of fluoroquinols. *Scientific Leader*. 2022(28(73):76-77. (In Russ). EDN: CFMHSA

3. Zakharenkov IA, Rachina SA, Kozlov RS, Belkova YuA Consumption of systemic antibiotics in the Russian Federation in 2017-2021. *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. 2022;24(3):220-225. DOI: 10.36488/cmac.2022.3.220-225

4. Khodosh EM. Quinolones, naphthyridones and fluoroquinolones: pharmacokinetics and clinical application. *Novosti Mediciny i Farmacii.* 2012(1(408):66-71. (In Russ). EDN: REODJH

5. Hayakawa I, Atarashi S, Yokohama S, Imamura M, et al. Synthesis and antibacterial activities of optically active ofloxacin. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 1986;29(1):163-164. DOI: 10.1128/aac.29.1.163

6. Kong Y, Geng Zh, Jiang G, Jia J, et al. Comparison of the *in vitro* antibacterial activity of ofloxacin, levofloxacin, moxifloxacin, sitafloxacin, finafloxacin, and delafloxacin against Mycobacterium tuberculosis strains isolated in China. *Heliyon*. 2023;9(11):e21216. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e21216

7. Estradé O, Vozmediano V, Carral N, Isla A, et al. Key factors in effective patient-tailored dosing of fluoroquinolones in urological infections: interindividual pharmacokinetic and pharmacodynamic variability. *Antibiotics*. 2022;11(5):641. DOI: 10.3390/antibiotics11050641

8. Sabei FY, Safhi AY, Alsalhi A, Khanet KA, et al. Preparation and in vitro evaluation of levofloxacin-loaded floating tablets using various rate-controlling agents. *ACS Omega*. 2023;8(45):42659-42666. DOI: 10.1021/acsomega.3c05419

9. Anwar AI, Lu L, Plaisance CJ, Daniel CP, et al. Fluoroquinolones: neurological complications and side effects in clinical practice. *Cureus*. 2024;16(2):e54565. DOI: 10.7759/cureus.54565

10. Ahmad M, Ziaullah, Islam Noor Ul, Aliet M, al. Metal complexes of fluoroquinolones with selected transition metals, their synthesis, characterizations, and therapeutic applications. *Chemistry Africa*. 2024;7(8):4139-4156. DOI: 10.1007/s42250-024-01059-1

11. Титов И. В., Дорофеев В. Л., Арзамасцев А. П. Использование метода УФ спектрофотометрии для установления подлинности лекарственных средств группы фторхинолонов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: химия. Биология. Фармация. 2004. № 2. С. 264-269. EDN: NYIJEB

12. Filimonov DA, Lagunin AA, Gloriozova TA, Rudik AV, et al. Prediction of the biological activity spectra of organic compounds using the PASS Online web resource. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. 2014;50(3):444-457. DOI: 10.1007/s10593-014-1496-1. EDN: UEKHWB

13. Hooper DC, Jacoby GA. Topoisomerase inhibitors: fluoroquinolone mechanisms of action and resistance. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*. 2016;6(9):a025320. DOI: 10.1101/cshperspect.a025320

9. Anwar AI, Lu L, Plaisance CJ, Daniel CP, et al. Fluoroquinolones: neurological complications and side effects in clinical practice. *Cureus*. 2024;16(2):e54565. DOI: 10.7759/cureus.54565

10. Ahmad M, Ziaullah, Islam Noor Ul, Aliet M, al. Metal complexes of fluoroquinolones with selected transition metals, their synthesis, characterizations, and therapeutic applications. *Chemistry Africa*. 2024;7(8):4139-4156. DOI: 10.1007/s42250-024-01059-1

11. Titov IV, Dorofeyev VL, Arzamastsev AP. Using UV spectrophotometry for the identification of fluoroquino lone drugs. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2004(2):264-269. (In Russ). EDN: NYIJEB

12. Filimonov DA, Lagunin AA, Gloriozova TA, Rudik AV, et al. Prediction of the biological activity spectra of organic compounds using the PASS Online web resource. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. 2014;50(3):444-457. DOI: 10.1007/s10593-014-1496-1. EDN: UEKHWB

13. Hooper DC, Jacoby GA. Topoisomerase inhibitors: fluoroquinolone mechanisms of action and resistance. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*. 2016;6(9):a025320. DOI: 10.1101/cshperspect.a025320

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Шубина Анна Александровна, студент института фундаментальной и прикладной химии, Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова, Ярославль, Россия, annashubina100@gmail.com, https://orcid.org/0009-0004-9658-3729

Орлова Татьяна Николаевна, кандидат химических наук, доцент института фундаментальной и прикладной химии, Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова, Ярославль, Россия, eagle0802@mail.ru, https://orcid.org/0009-0007-2971-7741

Критерии авторства

Шубина А. А. – синтез комплексного соединения Cu (II) с фторхинолонами, запись и анализ инфракрасного и электронного спектров комплекса; Орлова Т. Н. – проведение анализа вероятности биологической активности комплексов и исходных лекарственных препаратов, анализ литературных данных, разработка структуры статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 29.11.2025
Одобрена после рецензирования 25.12.2025
Принята к публикации 13.01.2026

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Affiliation

Anna A. Shubina, student, Institute of Fundamental and Applied Chemistry, P. G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia, annashubina100@gmail.com, https://orcid.org/0009-0004-9658-3729

Tatyana N. Orlova, Ph.D. (Chemistry), Associate Professor, Institute of Fundamental and Applied Chemistry, P. G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia, eagle0802@mail.ru, https://orcid.org/0009-0007-2971-7741

Contribution of the authors

Shubina A. A. – synthesis of Cu (II) complex with fluoroquinolones, recording and analysis of the infrared and electronic spectra of the complex; Orlova T. N. – analysis of the biological activity probability of complexes and original medicinal products, analysis of the references, paper structure development.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 29.11.2025
Approved after reviewing 25.12.2025
Accepted for publication 13.01.2026

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 338.48:504
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-16-27
EDN: IKAAFD

Влияние экологической катастрофы (разлив нефтепродуктов) на деятельность гостиничных предприятий в курортной зоне Краснодарского края

©2025Анисимова В. В.✉[1], Волкова Т. А.[2],
Карагян А. В.[1], Жаворонков Д. В.[1], Ряскин А. А.[1]
[1]Кубанский государственный университет
Краснодар, Россия, viktoriya23.84@mail.ru✉, karagyan.arsen@yandex.ru,
djavoronkov@yandex.ru, arseniy.ryaskin@yandex.ru
[2]Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН
Геленджик, Россия, mist-next4@inbox.ru

РЕЗЮМЕ. Цель исследования — провести комплексный анализ влияния экологического бедствия на гостиничный бизнес региона и разработать рекомендации по снижению неблагоприятных последствий. В ходе исследования применялись **методы** системного, статистического и сравнительного анализа, а также экспертные оценки. Информационную базу составили официальные статистические данные, отчеты профильных организаций и материалы экологического мониторинга. **Результаты** исследования показали существенное негативное влияние экологической катастрофы на деятельность гостиничных предприятий. Выявлено значительное снижение загрузки отелей (до 50 % в пострадавших районах), падение цен на размещение на 20-25 %, уменьшение объема раннего бронирования. Установлена критическая зависимость гостиничного бизнеса от экологического состояния курортной зоны. Полученные результаты позволили разработать комплексную стратегию восстановления деятельности гостиничных предприятий, включающую краткосрочные и долгосрочные меры. Особое внимание уделено модернизации инфраструктуры, повышению квалификации персонала в области экологической безопасности и реализации эффективных маркетинговых стратегий. Научная новизна исследования заключается в комплексном анализе деструктивного влияния разливов нефтепродуктов на бизнес-процессы гостиничных предприятий, выявлении специфических факторов уязвимости отелей на пострадавших участках региона и разработке антикризисного управления, которая включает экологическую безопасность в общую систему менеджмента качества гостиничного продукта. **Выводы** исследования подтверждают необходимость формирования системы превентивных мер и механизмов быстрого реагирования на экологические угрозы в курортных регионах.

Ключевые слова: разлив мазута, Черноморское побережье, курортная зона, Краснодарский край, береговые ландшафты, туристическая привлекательность, природоохранные мероприятия, восстановление экосистемы, Анапа, экологический мониторинг, природно-территориальный комплекс, рекреационные ресурсы, прибрежная зона.

Благодарность
Работа выполнена по теме госзадания FZEN-2025-0007 «Уникальные береговые ландшафты в условиях ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, возникающих в результате разлива мазута: трансформация ландшафта (на материалах города-курорта Анапа)».

Формат цитирования: Анисимова В. В., Волкова Т. А., Карагян А. В., Жаворонков Д. В., Ряскин А. А. Влияние экологической катастрофы (разлив нефтепродуктов) на деятельность гостиничных предприятий в курортной зоне Краснодарского края // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 4. С. 16-27. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-16-27. EDN: IKAAFD

The Impact of an Environmental Disaster (Oil Spill) on Hotel Operations in the Resort Area of the Krasnodar Territory

©2025**Viktoria V. Anisimova**[✉1], **Tatyana A. Volkova**[2], **Arsen V. Karagyan**[1], **Dmitry V. Zhavoronkov**[1], **Arseny A. Ryaskin**[1]
[1]Kuban State University
Krasnodar, Russia, viktoriya23.84@mail.ru[✉],
karagyan.arsen@yandex.ru, djavoronkov@yandex.ru, arseniy.ryaskin@yandex.ru
[2]Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences
Gelendzhik, Russia, mist-next4@inbox.ru

ABSTRACT. The **aim** of the research is to conduct a comprehensive analysis of the environmental disaster impact on the region's hotel industry and develop recommendations for mitigating adverse consequences. The research used systemic, statistical and comparative analysis **methods**, as well as expert assessments. The information base consisted of official statistics, reports from relevant organizations and environmental monitoring materials. The research **results** demonstrated a significant negative impact of the environmental disaster on hotel operations. A significant decrease in hotel occupancy (up to 50 % in affected areas), a 20-25 % drop in accommodation prices, and a decrease in early bookings were identified. It was established the hotel industry's critical dependence on the environmental condition of the resort area. The obtained results enabled the development of a comprehensive strategy for restoring hotel operations, including short-term and long-term measures. Particular attention was paid to infrastructure modernization, staff training in environmental safety and the implementation of effective marketing strategies. The research scientific novelty lies in its comprehensive analysis of the destructive impact of oil spills on hotel business processes, identification of specific hotel vulnerabilities in the affected areas of the region, and development of a crisis management system that integrates environmental safety into the overall hotel product quality management system. The research **conclusions** support the need to develop a system of preventive measures and rapid response mechanisms to environmental threats in resort regions.

Keywords: fuel oil spill, Black Sea coast, resort area, Krasnodar Territory, coastal landscapes, tourist attraction, environmental protection measures, ecosystem restoration, Anapa, environmental monitoring, natural and territorial complex, recreational resources, coastal zone.

Acknowledgments
The research was financially supported on the topic of the state assignment FZEN-2025-0007 “Unique coastal landscapes in the aftermath of emergencies resulting from a fuel oil spill: landscape transformation (based on materials from the resort Anapa town)”.

For citation: Anisimova VV, Volkova TA, Karagyan AV, Zhavoronkov DV, Ryaskin AA. The Impact of an Environmental Disaster (Oil Spill) on Hotel Operations in the Resort Area of the Krasnodar Territory. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2025;19(4):16-27. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-16-27. EDN: IKAAFD

Введение

Экологическая катастрофа в Керченском проливе произошла 15 декабря 2024 г. в результате сильного шторма, который привел к разрушению корпусов двух нефтеналивных танкеров класса «Волгонефть» – «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239». Масштаб бедствия потребовал незамедлительной реакции со стороны властей. В Краснодарском крае был введен режим чрезвычайной ситуации муниципального уровня, который впоследствии был повышен до регионального и затем до федерального уровня. Это свидетельствует о быстром осознании серьезности и потенциальных долгосрочных последствий произошедшего. Для ликвидации последствий разлива нефтепродуктов были оперативно мобилизованы силы Министерства чрезвычайных ситуаций (МЧС) и многочисленные волонтеры, которые приступили к работам по сдерживанию и очистке загрязненной береговой линии [1; 2].

Оба танкера, потерпевшие крушение в Керченском проливе, перевозили мазут – тяжелое, вязкое остаточное топливо. Первоначальные оценки объема вылившегося в Черное море мазута разнились, составляя, по разным данным, от 3 700 до 4 000 т при общей грузоподъемности двух судов

около 9 200 т [3]. В других источниках упоминается общий объем перевозимого груза примерно в 8 000 т. Установлено, что разлившийся нефтепродукт относился к марке М-100 [4]. Этот вид тяжелого топлива характеризуется высокой вязкостью и способностью опускаться на дно в холодной воде, что создает особые трудности при очистке и определяет долгосрочный характер экологического воздействия [5].

Первоначально загрязнение от разлива мазута затронуло Черноморское побережье Краснодарского края, распространившись, по разным данным, на расстояние не менее 54 км от мыса Панагия до Анапы [1]. В некоторых сообщениях указывалась протяженность загрязненной береговой линии в 40-49 км. Впоследствии, из-за преобладающих морских течений и погодных условий, нефтяное пятно распространилось за пределы первоначальной зоны воздействия, достигнув побережья Крымского полуострова. Это подчеркивает трансграничный характер морского загрязнения. Даже после первоначального разлива и проведения очистных работ в течение последующих недель и месяцев поступали сообщения о продолжающихся выбросах мазута на берег Краснодарского края, в том числе и в марте 2025 г. Это частично объяснялось остатками нефтепродуктов с севшего на мель танкера и возможностью повторного поднятия осевшего мазута со дна из-за погодных явлений [6]. По оценкам, основанным на спутниковых снимках и экологических исследованиях, общая площадь поверхности Черного моря, затронутая нефтяным пятном, составила около 400 км^2.

Разлив нефти немедленно создал серьезную угрозу для хрупкой морской экосистемы Черного моря, затронув различные уровни пищевой цепи, включая морских птиц, популяции рыб и морских млекопитающих, таких как дельфины [4]. Сообщалось о значительной гибели птиц в районе Анапы из-за загрязнения нефтью [1]. Образование нефтяной пленки на поверхности воды напрямую препятствует жизненно важному обмену кислородом между атмосферой и водой, что приводит к гипоксии и потенциально вызывает гибель водных организмов. Кроме того, тяжелый мазут, оседающий на дне, забивает и загрязняет бентосные организмы, нарушая основу морской пищевой сети [5]. Экологические эксперты предположили, что процесс полной очистки окружающей среды может занять до десяти лет, что подчеркивает долгосрочные экологические последствия. Экологическая катастрофа была охарактеризована экспертами как «колоссальная угроза» экологической целостности экосистем Черного и Азовского морей [7]. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) провела предварительную оценку экологического ущерба, оценив финансовую стоимость вреда в 85 млрд руб. [3].

Прогнозируемая длительность процесса очистки (до десяти лет) указывает на глубокий и устойчивый характер экологического ущерба, предполагая, что экологическое здоровье региона будет нарушено в течение значительного периода времени, что потенциально повлияет на его долгосрочную жизнеспособность в качестве первозданного туристического направления. Значительная денежная оценка экологического ущерба Росприроднадзором (85 млрд руб.) дает количественную меру экологического воздействия, подчеркивая значительные экономические издержки, связанные с такими катастрофами, которые выходят за рамки непосредственных потерь в туристическом секторе. Эта финансовая цифра, вероятно, учитывает ряд факторов, включая стоимость очистных работ, потерю биоразнообразия и экосистемных услуг (таких как рыболовство), а также потенциальные долгосрочные последствия для здоровья человека и других видов экономической деятельности, зависящих от здоровой морской среды.

После разлива нефтепродуктов эксперты в области туризма и аналитики туристической отрасли сделали прогноз о значительном снижении туристического потока в Краснодарский край, в частности в районе Анапы, на летний сезон 2025 г. [3]. Этот прогноз был основан на видимых признаках загрязнения и опасениях относительно общего ухудшения экологической обстановки. Отмечено существенное снижение количества ранних бронирований в гостиницах и других средствах размещения в Анапе на сезон 2025 г. В связи с этим многие владельцы отелей были вынуждены скорректировать ценовую политику в сторону уменьшения стоимости проживания, стремясь привлечь потенциальных туристов, которые продолжали рассматривать возможность посещения региона [8]. Проактивное снижение цен, предпринятое гостиничными предприятиями Анапы, представляет собой немедлен-

ную попытку минимизировать финансовые последствия сокращения спроса, а также служит индикатором ожидаемого снижения уровня прибыли в текущем сезоне. Основными факторами, повлиявшими на ожидаемое снижение спроса, стали широкомасштабное загрязнение пляжей и прибрежной зоны, что существенно снизило привлекательность курортов для туристов, предпочитающих традиционный пляжный отдых. Опасения, связанные с потенциальными рисками для здоровья, обусловленными купанием в загрязненных водах, а также аспект эстетического восприятия внесли вклад в формирование негативного прогноза [9].

Ухудшение состояния пляжей и прибрежной среды напрямую подрывает основное ценностное предложение Краснодарского края как места для пляжного отдыха, что приводит к фундаментальной потере его основного конкурентного преимущества на туристическом рынке. Туристы выбирают прибрежные курорты прежде всего из-за доступа к чистым и привлекательным пляжам и возможности купаться и заниматься водными видами спорта [10]. Нефтяное загрязнение делает это место непривлекательным для большинства туристов, ищущих традиционный пляжный отдых. Сохраняющаяся неопределенность относительно долгосрочной чистоты и безопасности пляжей, даже после первоначальных очистных работ, создает значительное препятствие для привлечения туристов, предпочитающих надежный и предсказуемый отдых.

Ожидаемое и фактическое снижение уровня заполняемости отелей в курортной зоне Краснодарского края неизбежно привело к сокращению спроса на широкий спектр других туристических услуг и предприятий, обслуживающих посетителей. Сюда входят рестораны, кафе, бары, туроператоры, предлагающие экскурсии, сувенирные магазины и транспортные услуги. Местные поставщики товаров и услуг для гостиничного сектора, такие как поставщики продуктов питания и напитков, прачечные и ремонтные компании, также испытали негативное экономическое воздействие из-за снижения активности в туристической отрасли. Учитывая значительный вклад туристического сектора в общую экономику Краснодарского края [11], широкомасштабное сокращение туристической активности из-за разлива нефти привело к существенным косвенным экономическим потерям для всей региональной экономики.

Восстановление репутации курортной зоны и привлечение туристического потока после разлива нефти представляет собой значимое испытание для экономики региона. Процесс восстановления репутации требует систематического подхода и значительных финансовых ресурсов, направленных на коммуникационные и маркетинговые мероприятия. Отелям необходимо активно осуществлять деятельность по изменению негативного восприятия, вызванного разливом нефти, и информировать потенциальных туристов о том, что регион вновь является безопасным местом для отдыха. Для формирования и реализации эффективных долгосрочных стратегий по восстановлению репутации и обеспечению устойчивого развития туристической отрасли Краснодарского края требуется консолидация усилий со стороны гостиничного бизнеса, местных органов власти, туристических ассоциаций и природоохранных организаций. Координация и последовательность в коммуникационной политике всех заинтересованных сторон будут способствовать восстановлению доверия со стороны туристов и поддержанию процесса регенерации региона. Такое взаимодействие также может привести к разработке инициатив, направленных на повышение экологической устойчивости и качества курортной зоны в долгосрочной перспективе.

Материалы и методы исследования

Исследование базируется на комплексном методологическом подходе, включающем теоретические и эмпирические методы научного познания. Теоретическую основу составили труды отечественных и зарубежных ученых в области экологии, экономики и гостиничного бизнеса. В работе применены методы системного, статистического и сравнительного анализа, позволившие изучить взаимосвязи между экологическими и экономическими факторами, обработать количественные показатели работы гостиничных предприятий и сопоставить ключевые индикаторы их деятельности до и после экологической катастрофы. Экспертные оценки специалистов дополнили аналитическую базу исследования. Информационную основу составили официальные статистические данные Росстата, отчеты профильных организаций (Российский союз туриндустрии, ассоциации отельеров), материалы экологического мониторинга и нормативно-правовые акты в сфере охраны окружающей

среды и туристической деятельности. Особое внимание уделено анализу документальных материалов по ликвидации последствий разлива нефтепродуктов и отчетности гостиничных предприятий пострадавших регионов. Методологический инструментарий позволил всесторонне исследовать влияние экологической катастрофы на деятельность гостиничного сектора и разработать рекомендации по восстановлению отрасли.

Результаты и их обсуждение

На основе анализа доступных источников и экспертных мнений представляется возможным оценить потенциальные экономические потери гостиничного сектора Краснодарского края в 2025 г. по ряду ключевых показателей, представленных в таблице 1.

Масштаб и продолжительность загрязнения прибрежной зоны, негативное освещение ситуации в средствах массовой информации и высокая зависимость гостиничного бизнеса от экологического состояния курорта привели к значительному снижению спроса на гостиничные услуги и косвенным экономическим потерям.

Факторы, усугубляющие негативное влияние катастрофы на гостиничный бизнес.

Масштаб и продолжительность загрязнения прибрежной зоны. Значительная протяженность загрязнения береговой линии Краснодарского края (более 50 км) (рис.) привела к тому, что большое количество курортов и отелей оказались непосредственно затронуты загрязнением [1].

Этот обширный масштаб загрязнения ограничил возможности туристов просто перенести свои планы поездок в незатронутые районы внутри региона. Длительное присутствие мазута на пляжах и в прибрежных водах с потенциалом сохранения в течение всего туристического сезона 2025 г. и, возможно, дольше, значительно усилило негативное воздействие на туристическую отрасль. Риск повторного появления нефти из-за повышения температуры [12] создал постоянную неопределенность и сдерживал бронирования. Если бы разлив был локализован в небольшом районе, туристы могли бы выбрать близлежащие незатронутые курорты. Однако обширное загрязнение вдоль значительной части побережья ограничило эту возможность, что привело к более широкому воздействию на туристическую экономику региона. Продление загрязнения, особенно риск его повторного появления в пиковый туристический сезон, создало постоянный сдерживающий фактор для потенциальных посетителей, затрудняя привлечение бронирований отелями даже в районах, где первоначальные очистные работы были проведены. Туристы, планирующие свой летний отпуск, ищут надежные места назначения с гарантированно чистыми пляжами и безопасными водами. Постоянный риск столкнуться с нефтяным загрязнением сделал Краснодарский край менее привлекательным вариантом по сравнению с регионами, не имеющими таких экологических проблем.

Таблица 1. **Потенциальные экономические потери гостиничного сектора Краснодарского края в 2025 г. (составлена авторами)**

Table 1. Potential economic losses in the hotel sector of the Krasnodar Territory in 2025 (compiled by the authors)

Экономический показатель Economic Indicator	**Оценка** Assessment	**Источник** Source
Снижение среднегодовой загрузки	До 50 % в наиболее пострадавших районах (Анапа, Темрюкский район), около 20 % в целом по краю	Николай Филатов, генеральный директор Zont Hotel Group; Илья Уманский, президент Российского союза туриндустрии
Падение средней цены за номер	20-25 % для краткосрочной аренды в Анапе (потенциальное влияние на отели)	Евгений Ткачев, эксперт по инвестициям в недвижимость; анализ статьи «Чёрное море станет беднее: как разлив мазута повлияет на экономику региона»
Уменьшение общего дохода	Зависит от снижения загрузки и цен, требует дополнительных данных по доходам до катастрофы	Расчет на основе оценок выше и данных федеральной службы государственной статистики (Росстат)
Снижение объема раннего бронирования на летний сезон	20 % в целом по Краснодарскому краю, в Анапе может быть выше	Илья Уманский, президент Российского союза туриндустрии
Потери от снижения инвестиционной привлекательности	Качественная оценка: возможно снижение интереса инвесторов к новым проектам	Анализ статьи «Чёрное море станет беднее: как разлив мазута повлияет на экономику региона»

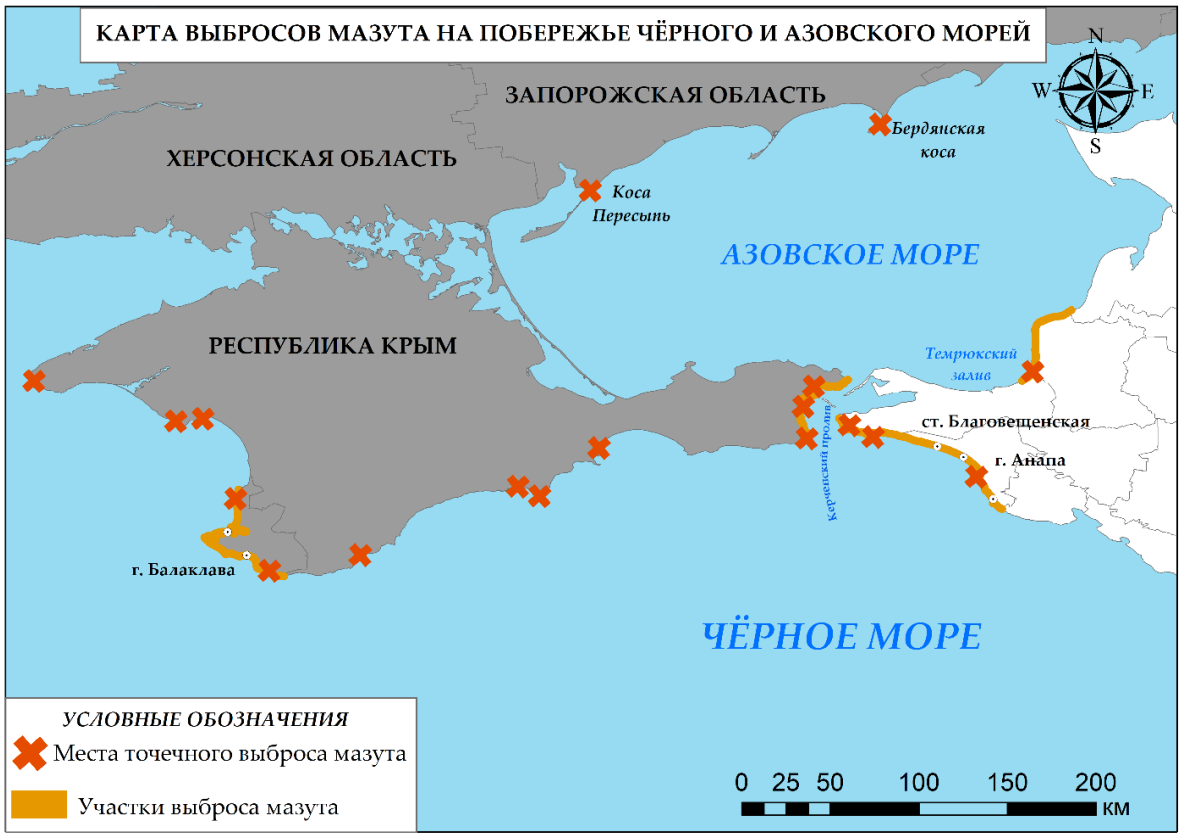


***Рис.* Участки побережий Краснодарского края, а также Республики Крым, подвергшихся загрязнению выбросами мазута (на основе данных мониторинга, где было зафиксировано загрязнение) (составлен авторами)**

Fig. Coastal areas of the Krasnodar Territory and the Republic of Crimea, contaminated by fuel oil emissions (based on monitoring data where pollution was recorded) (compiled by the authors)

Негативное освещение экологической ситуации в средствах массовой информации. Широкое освещение разлива нефти в средствах массовой информации как на национальном, так и на международном уровнях, и повсеместное распространение изображений загрязненных пляжей, покрытой нефтью дикой природы и общего экологического ущерба [4] создали сильное негативное восприятие Краснодарского края как туристического направления. Сообщения, подчеркивающие возможность срыва туристического сезона в популярных курортах, таких как Анапа [12], вероятно, еще больше отпугнули потенциальных туристов от бронирования поездок в регион. Новостные репортажи, посвященные продолжающимся усилиям по очистке, хотя и направленные на демонстрацию прогресса, могли непреднамеренно усилить представление о том, что этот район был значительно загрязнен, что еще больше отпугнуло посетителей.

Зависимость гостиничного бизнеса от экологического состояния курортной зоны. Сильная и прямая зависимость между экологическим состоянием прибрежных районов Краснодарского края и экономической жизнеспособностью его гостиничной отрасли делает этот сектор исключительно уязвимым к экологическим катастрофам. В отличие от некоторых туристических направлений, которые могут предлагать разнообразный спектр достопримечательностей (культурные, исторические, развлекательные и т. д.), прибрежные курорты Краснодарского края в первую очередь зависят от качества своей природной среды. Ущерб этой среде напрямую приводит к потере их основного конкурентного преимущества и представляет собой значительную угрозу для нормального функционирования предприятий, работающих в туристическом секторе [13].

Стоит отметить, что произошла трансформация прибрежных ландшафтов региона, куда попали нефтепродукты: серьезно пострадали аккумулятивные берега (песчаные пляжи Анапы и Тамани). В частности, при попадании нефтепродуктов вглубь

рыхлых отложений формируются нефтесодержащие конгломераты – песок склеивается, образуются тяжелые пласты, что нарушает естественное движение наносов и приводит к эрозии пляжей. Помимо морфологической трансформации береговой зоны, наблюдается и геохимическая, при которой нарушается газообмен и влагообмен между морем и берегом; также происходит аккумуляция нефтепродуктов в донных отложениях и береговом наносе. Биогенная трансформация приводит к деградации ландшафтов. Помимо береговых ландшафтов серьезная трансформация произошла и в аквальных ландшафтах, о которой упоминалось выше (здесь первостепенные изменения коснулись светового режима и теплообмена). Как итог – наблюдается эстетическая и рекреационная деградация береговой линии, а для региона это важнейший аспект.

Факторы, смягчающие негативное влияние катастрофы на гостиничный бизнес.

Оперативность и эффективность мер по ликвидации последствий разлива нефтепродуктов. Быстрая мобилизация спасательных команд, включая сотрудников МЧС, и широкое участие волонтеров в ликвидации последствий разлива нефти в первые дни после инцидента [1], вероятно, помогли смягчить некоторые из наиболее заметных и непосредственных последствий загрязнения на побережье. Активное тестирование и внедрение инновационных технологий и методов очистки от разливов нефти, включая сорбенты и системы мониторинга, могли способствовать более эффективному процессу восстановления. Сообщения от мая 2025 г. указывали на то, что значительные участки пляжей в районе Анапы были очищены от мазута [7], что свидетельствует о прогрессе в усилиях по восстановлению.

Поддержка гостиничного бизнеса со стороны государственных и региональных органов власти. Правительственные меры поддержки, такие как финансовая помощь, налоговые льготы или субсидии, могут оказать решающую помощь гостиничным предприятиям, столкнувшимся со значительными потерями доходов из-за спада туристического потока, что потенциально предотвратит массовые закрытия и потерю рабочих мест в этом секторе. Российский союз туриндустрии официально обратился к правительству с просьбой рассмотреть вопрос о временной отмене туристического налога в наиболее пострадавших от разлива нефти регионах, таких как Анапа и Темрюкский район, до конца 2025 г. [7]. Конкретная просьба об отмене туристического налога признает снижение способности отелей генерировать доходы и направлена на снижение их эксплуатационных расходов в этот трудный период, обеспечивая некоторое финансовое облегчение.

Экологическое бедствие привело к значительному снижению туристической привлекательности региона и негативно сказалось на деятельности гостиничных предприятий, что обуславливает необходимость всестороннего анализа потерь и разработки мер по восстановлению операционной, финансовой стабильности и репутации курорта.

Для минимизации финансовых и репутационных потерь, а также для восстановления деятельности гостиничных предприятий в курортной зоне Краснодарского края после экологической катастрофы необходимо реализовать комплексный план действий, включающий краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные меры.

В краткосрочной перспективе ключевое значение имеет разработка коммуникационной стратегии для информирования гостей и партнеров. Гостиничным предприятиям необходимо оперативно и прозрачно информировать потенциальных гостей, туристические агентства и партнеров о текущей ситуации в курортной зоне, предпринимаемых мерах по ликвидации последствий разлива нефтепродуктов и гарантиях безопасности [14]. Следует активно использовать все доступные каналы коммуникации для распространения достоверной информации, ответов на вопросы и развеивания возможных опасений. Подобные мероприятия не особо затратны и ограничения возможны только с технической стороны, преодоление которых потребует высокой квалификации со стороны технической поддержки гостиничных предприятий.

Еще одной важной краткосрочной мерой является внедрение гибкой ценовой политики и специальных предложений. С целью привлечения туристов в период восстановления гостиничным предприятиям рекомендуется разработать гибкую систему ценообразования, предусматривающую скидки, акционные тарифы и специальные пакетные предложения. Такие предложения уже реализовывались в

2025 г., при подобном сохранении экологической и информационной напряженности гостиничные предприятия готовы предлагать гибкие программы для привлечения целевой аудитории.

Кроме того, в краткосрочной перспективе необходимо обеспечить безопасность и санитарные нормы на территории отелей. Гостиничные предприятия должны принять дополнительные меры для обеспечения безопасности и соблюдения санитарно-гигиенических норм на своей территории [14]. Крупные отели курортной зоны уже предприняли меры по очистке пляжей, организовывали помощь для волонтеров при их размещении, когда велась интенсивная очистка пляжа. Работы по рекультивации береговой зоны продолжаются и в перспективе будут реализовываться, так как от этого зависит качество отдыха и количество отдыхающих.

Также необходимо проработать детали проведения экологического мониторинга [15]. Методами экологического мониторинга исследуемой территории служат: полевые методы, которые базируются на отборе проб воды и донных отложений в местах загрязнения и на границах пятен для лабораторного анализа; лабораторный анализ для выяснения концентрации загрязнения в пробах; дистанционный мониторинг с помощью спутниковых снимков и БПЛА, который оперативно позволяет обнаружить локации загрязнений; методы биоиндикации включают отбор рыбы, моллюсков, птиц для определения степени их поражения нефтепродуктамии накопления токсических веществ; метод визуальной оценки загрязнений на пляжах и акватории. Для продолжения ведения мониторинга необходимы специалисты и волонтеры – как оказалось в стране много людей, заботящихся об охране окружающей среды, неравнодушных к произошедшей экологической катастрофе.

В среднесрочной и долгосрочной перспективе план действий должен быть направлен на восстановление операционной деятельности гостиничных предприятий и повышение их устойчивости к будущим экологическим рискам.

Одним из ключевых направлений является восстановление и модернизация инфраструктуры и оборудования. Рекомендуется рассмотреть возможность использования более экологически чистых и энергоэффективных технологий и материалов. Модернизация может включать установку современного оборудования для очистки воды, систем энергосбережения и технологий по управлению отходами. Это направление развивается, так как современные отельеры стремятся быть в тренде устойчивого экологического развития своих предприятий.

Неотъемлемой частью плана действий является повышение квалификации персонала в области экологической безопасности и кризисного управления. Необходимо организовать обучение персонала гостиничных предприятий по вопросам экологической безопасности, предотвращения и ликвидации последствий экологических инцидентов, а также по основам эффективного взаимодействия с гостями в кризисных ситуациях [14]. На данный момент запускаются программы (в том числе и на бесплатной основе) повышения квалификации и увеличения экологической грамотности населения. Персонал гостиничных предприятий также стремится повысить свою экологическую грамотность, так как это является составной частью современных профессиональных компетенций специалистов этого профиля.

Для восстановления и повышения привлекательности курортной зоны ключевое значение имеют маркетинговые стратегии. Необходимо разработать и реализовать комплексную маркетинговую кампанию, направленную на восстановление имиджа курорта как экологически безопасного и привлекательного направления для отдыха. Важно акцентировать внимание на усилиях по очистке и восстановлению окружающей среды, а также на преимуществах отдыха в обновленной курортной зоне. Активное использование цифровых каналов коммуникации и социальных сетей позволит эффективно донести информацию до широкой аудитории потенциальных туристов. Сотрудничество с туристическими агентствами и операторами также является важным элементом маркетинговой стратегии, способствующим увеличению туристического потока [12]. Уже сейчас создаются информационные потоки о комплексном восстановлении пляжей, очистке акватории, финансировании для проведения восстановительных работ по берегоукреплению и возвращении рекреационной аттрактивности пляжей курортов края.

Таблица 2. **Рекомендации для органов государственной власти и регионального управления (составлена авторами)**
Table 2. Recommendations for government bodies and regional administration (compiled by the author)

Сфера Sphere	**Рекомендации** Recommendations
Финансовая поддержка	Предоставление льготных кредитов и субсидий; введение налоговых каникул и отсрочек платежей; компенсация убытков, связанных с простоем
Нормативно-правовое регулирование	Совершенствование экологического законодательства и контроля; разработка механизмов страхования экологических рисков; усиление ответственности за загрязнение окружающей среды
Восстановление туристической привлекательности	Инвестиции в очистку и восстановление окружающей среды; развитие экологической инфраструктуры и туризма; проведение информационных кампаний; поддержка инициатив по устойчивому развитию гостиничного бизнеса

Для обеспечения эффективного восстановления деятельности гостиничных предприятий и туристической привлекательности курортной зоны Краснодарского края после экологической катастрофы органам государственной власти и регионального управления необходимо принять ряд мер, направленных на финансовую поддержку, нормативно-правовое регулирование и восстановление туристической привлекательности региона. Детальные рекомендации в данных сферах представлены в таблице 2.

Разработанная стратегия восстановления деятельности гостиничных предприятий в курортной зоне Краснодарского края после экологической катастрофы основывается на принципах устойчивости и учитывает экологические, экономические и социальные аспекты. Реализация плана действий, включающего краткосрочные меры по минимизации потерь и долгосрочные мероприятия по восстановлению операционной деятельности и туристической привлекательности, позволит гостиничным предприятиям вернуться к устойчивому развитию. Ключевую роль в этом процессе играет поддержка со стороны органов государственной власти и регионального управления, которые, согласно разработанным рекомендациям, должны обеспечить финансовую помощь, совершенствование нормативно-правовой базы и реализацию мер по восстановлению окружающей среды и имиджа курортной зоны.

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует, что экологическая катастрофа, вызванная разливом нефтепродуктов в Керченском проливе, оказала существенное негативное влияние на деятельность гостиничных предприятий курортной зоны Краснодарского края. Масштаб последствий обусловлен как непосредственным загрязнением прибрежной зоны, трансформации ландшафтов, так и формированием негативного информационного поля вокруг региона. Ключевым итогом исследования стало выявление комплексной природы ущерба, включающей как прямые финансовые потери гостиничного сектора, так и косвенные последствия в виде снижения туристической привлекательности региона. Существенное падение загрузки отелей, снижение цен на размещение и уменьшение объема раннего бронирования подтверждают серьезность ситуации. Анализ показал, что зависимость гостиничного бизнеса от экологического состояния курортной зоны является критически важным фактором уязвимости отрасли. При этом оперативность мер по ликвидации последствий разлива и государственная поддержка способны частично компенсировать негативные последствия. Разработанная стратегия восстановления деятельности гостиничных предприятий базируется на комплексном подходе, включающем краткосрочные меры по минимизации потерь и долгосрочные мероприятия по восстановлению операционной деятельности. Особое внимание уделяется необходимости модернизации инфраструктуры, повышению квалификации персонала в области экологической безопасности и реализации эффективных маркетинговых стратегий. Результаты исследования подтверждают необходимость формирования системы превентивных мер и механизмов быстрого реагирования на

экологические угрозы в курортных регионах. Успешное восстановление деятельности гостиничного сектора возможно только при условии консолидации усилий бизнеса, власти и общества, а также реализации комплексной программы по восстановлению экологического благополучия региона.

Список источников

1. Чупров В. А. Два месяца после аварии в Керченском проливе // Земля касается каждого. URL: https://earthtouches.me/articles/2025/02/15/dva-mesjaca-posle-avarii-v-kerchenskom-prolive/ (дата обращения: 10.05.2025).

2. Голубятникова Е. В. Последствия разлива мазута в Черном море для туристской сферы регионов России // Московский экономический журнал. 2025. Т. 10. № 2. С. 444-456. DOI: 10.55186/2413046X_2025_10_2_59. EDN: AGGWBH

3. Сергеев М. Нефть и мазут стали главными врагами пляжного отдыха // Независимая газета. 2025. URL: https://www.ng.ru/economics/2025-04-15/1_9235_petroleum.html (дата обращения: 10.05.2025).

4. Кравченко Е. Чайки почернели от мазута: крушение танкеров в Керченском проливе привело к экологической катастрофе // Эксперт ЮГ. 2024. URL: https://expertsouth.ru/articles/chayki-pocherneli-ot-mazuta-kak-korabli-s-istekshim-srokom-sluzhby-prinesli-ekologicheskuyu-katastro/ (дата обращения: 10.05.2025).

5. Рукавицын В. В. Последствия разливов мазута. Экспертное мнение // МГРИ Российский государственный геологоразведочный институт имени Серго Орджоникидзе: официальный сайт. URL: https://mgri.ru/news/posledstviya-razlivov-mazuta-ekspertnoe-mnenie (дата обращения: 15.01.2025).

6. Парамонова Н. Отмыть нельзя: экологические последствия утечки мазута в Керченском проливе // Forbes.ru. 2024. URL: https://www.forbes.ru/society/527388-otmyt-nel-za-ekologiceskie-posledstvia-utecki-mazuta-v-kercenskom-prolive (дата обращения: 10.05.2025).

7. Разлив мазута в Керченском проливе // Кавказский Узел. 2025. URL: https://www.kavkaz-uzel.eu/articles/406916 (дата обращения: 10.05.2025).

8. О деятельности коллективных средств размещения в 2024 году // Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея (Росстат): официальный сайт. 2025. URL: https://23.rosstat.gov.ru/r_trade_kk (дата обращения: 10.05.2025).

9. Лохвицкий А. Сорвётся ли курортный сезон на юге России после разлива мазута в Чёрном море / А. Лохвицкий // ForPost sevastopol.SU: новостной портал. 2024. URL: https://sevastopol.su/news/sorvyotsya-li-kurortnyy-

References

1. Chuprov VA. “wo months after the accident in the Kerch Strait. *Earth touches everyone*. URL: https://earthtouches.me/articles/2025/02/15/dva-mesjaca-posle-avarii-v-kerchenskom-prolive/ (accessed 10.05.2025). (In Russ)

2. Golubyatnikova EV. Consequences of the fuel oil spill in the Black Sea for the tourism sector of Russian regions. *Moscow Economic Journal.* 2025;10(2):444-456. (In Russ). DOI: 10.55186/2413046X_2025_10_2_59. EDN: AGGWBH

3. Sergeev MM. Oil and fuel oil have become the main enemies of beach holidays. *Nezavisimaya Gazeta.* 2025. URL: https://www.ng.ru/economics/2025-04-15/1_9235_petroleum.html (accessed 10.05.2025). (In Russ)

4. Kravchenko E. Seagulls turned black from fuel oil: the wreck of tankers in the Kerch Strait led to an environmental disaster. *Expert YUG*. 2024. URL: https://expertsouth.ru/articles/chayki-pocherneli-ot-mazuta-kak-korabli-s-istekshim-srokom-sluzhby-prinesli-ekologicheskuyu-katastro/ (accessed 10.05.2025). (In Russ)

5. Rukavitsyn VV. Consequences of fuel oil spills. Expert opinion. *Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting: official website.* URL: https://mgri.ru/news/posledstviya-razlivov-mazuta-ekspertnoe-mnenie (accessed 15.01.2025). (In Russ)

6. Paramonova N. Cannot be washed away: environmental consequences of the fuel oil leak in the Kerch Strait. *Forbes.ru.* 2024. URL: https://www.forbes.ru/society/527388-otmyt-nel-za-ekologiceskie-posledstvia-utecki-mazuta-v-kercenskom-prolive (accessed 10.05.2025). (In Russ)

7. Fuel oil spill in the Kerch Strait. *Kavkazskiy Uzel.* 2025. URL: https://www.kavkaz-uzel.eu/articles/406916 (accesseded 10.05.2025). (In Russ)

8. On the activities of collective accommodation facilities in 2024. Office of the Federal State Statistics Service for the Krasnodar Territory and the Republic of Adygea (Rosstat): official website. 2025. URL: https://23.rosstat.gov.ru/r_trade_kk (accessed 10.05.2025). (In Russ)

9. Lokhvitsky A. Will the resort season in southern Russia be disrupted after the fuel oil spill in the Black Sea. *ForPost sevastopol.SU: news portal.* 2024. URL: https://sevastopol.su/news/sorvyotsya-li-kurortnyy-sezon-na-

sezon-na-yuge-rossii-posle-razliva-mazuta-v-chyornom-more (дата обращения: 10.05.2025).

10. Волкова Т. А., Кучер М. О., Анисимова В. В. Территориальная организация развития туризма на Черноморском побережье Краснодарского края // Московский экономический журнал. 2024. Т. 9. № 10. С. 116-129. DOI: 10.55186/2413046X_2024_9_10_402. EDN: HLUPJN

11. Чтобы спасти Чёрное Море. Работа Совета по экологической политике ПВР // Партия возрождения России: официальный сайт. 2024. URL: https://xn--b1aze.xn--p1ai/news/article/chtoby-spasti-chernoe-more-rabota-soveta-po-ekolog-18485 (дата обращения: 10.05.2025).

12. Струкова Т. Сезона в Анапе не будет: как повлияет на туризм и экологию разлив мазута в Керченском проливе // RTVI. 2025. URL: https://rtvi.com/stories/sezona-v-anape-ne-budet-kak-povliyaet-na-turizm-i-ekologiyu-razliv-mazuta-v-kerchenskom-prolive/ (дата обращения: 10.05.2025).

13. Трапезников В. А., Нарусова Е. Ю. Чрезвычайная ситуация, связанная с разливом нефтепродуктов в Черном море: причины, ликвидация последствий // Проблемы и пути совершенствования проведения аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций: сборник трудов XXXV Международной научно-практической конференции (Химки, 26 февраля 2025 г.). Химки: Академия гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д. И. Михайлика, 2025. С. 252-258.

14. Бьюберл Т., Джордж Б., Жоли Ю. и др. Шесть стратегий успешного руководителя в период кризиса // Большие идеи: онлайн-издание. 2024. URL: https://big-i.ru/krizis/upravlenie-kompaniey-kotoraya-uspeshno-deystvuet-v-khaotichnom-mire/ (дата обращения: 11.05.2025).

15. Тыщенко С. В., Потапова С. О. Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций, связанных с разливом нефтепродуктов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. Т. 1. № 9. С. 909-915. EDN: YQIISD

yuge-rossii-posle-razliva-mazuta-v-chyornom-more (accessed 10.05.2025). (In Russ)

10. Volkova TA, Kucher MO, Anisimova VV. Territorial organization of tourism development on the Black Sea coast of the Krasnodar Territory. *Moscow Economic Journal*. 2024;9(10):116-129. (In Russ). DOI: 10.55186/2413046X_2024_9_10_402. EDN: HLUPJN

11. To save the Black Sea. Work of the Council on Environmental Policy of the Party of Revival of Russia. *Party of Revival of Russia: official website*. 2024. URL: https://xn–b1aze.xn–p1ai/news/article/chtoby-spasti-chernoe-more-rabota-soveta-po-ekolog-18485 (accessed 10.05.2025). (In Russ)

12. Strukova T. There will be no season in Anapa: how will the fuel oil spill in the Kerch Strait affect tourism and the environment. *RTVI.* 2025. URL: https://rtvi.com/stories/sezona-v-anape-ne-budet-kak-povliyaet-na-turizm-i-ekologiyu-razliv-mazuta-v-kerchenskom-prolive/ (accessed 10.05.2025). (In Russ)

13. Trapeznikov VA, Narusova EYu. Emergency situation related to the oil spill in the Black Sea: causes, liquidation of consequences. *Issues and Ways to Improve Emergency Rescue Operations During Emergency Response: Collection of Papers of the 35th International Scientific and Practical Conference (Khimki, February 26, 2025).* Khimki: Lieutenant General D. I. Mikhailik Civil Defense Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia*,* 2025:252-258. (In Russ)

14. Büberl T, George B, Joly Y, et al. Six strategies for a successful leader during a crisis. *Big Ideas: online publication.* 2024. URL: https://big-i.ru/krizis/upravlenie-kompaniey-kotoraya-uspeshno-deystvuet-v-khaotichnom-mire/ (accessed 11.05.2025). (In Russ)

15. Tyshchenko SV, Potapova SO. Monitoring and forecasting emergency situations associated with oil spills. *Pozharnaya Bezopasnost: Problemy i Perspektivy*. 2018;1(9):909-915. (In Russ). EDN: YQIISD

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Анисимова Виктория Викторовна, кандидат географических наук, доцент кафедры международного туризма и менеджмента, Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия, viktoriya23.84@mail.ru, https://orcid.org/ 0000-0003-4526-8273

Волкова Татьяна Александровна, кандидат географических наук, доцент, младший научный сотрудник, Южное отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова Российской академии наук, Геленджик, Россия, mist-next4@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0002-2054-0683

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Viktoria V. Anisimova, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of International Tourism and Management, Kuban State University, Krasnodar Russia, viktoriya23.84@mail.ru, https://orcid.org/ 0000-0003-4526-8273

Tatyana A. Volkova, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Junior Researcher, Southern Branch, Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, Gelendzhik, Russia, mist-next4@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0002-2054-0683

Карагян Арсен Ваагнович, преподаватель кафедры геоинформатики, Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия, karagyan.arsen@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-9673-9114

Жаворонков Дмитрий Викторович, кандидат социологических наук, доцент кафедры международного туризма и менеджмента Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия, djavoronkov@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0009-0293-4556

Ряскин Арсений Алексеевич, магистрант кафедры экономической, социальной и политической географии, Кубанский государственный университет, arseniy.ryaskin@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0005-2144-7471

Arsen V. Karagyan, Lecturer, Department of Geoinformatics, Kuban State University, Krasnodar Russia, karagyan.arsen@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-9673-9114

Dmitry V. Zhavoronkov, Ph.D. (Sociology), Associate Professor, Department of International Tourism and Management, Kuban State University, Krasnodar Russia, djavoronkov@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0009-0293-4556

Arseny A. Ryaskin, master's student, Department of Economic, Social and Political Geography, Kuban State University, arseniy.ryaskin@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0005-2144-7471

Критерии авторства

Все авторы в равной степени участвовали в разработке концепции работы, сборе материала, его анализе и интерпретации, написании статьи, научном дизайне, корректуре рукописи до подачи в редакцию.

Contribution of the authors

All authors participated equally in the development of the paper concept, collection of material, its analysis and interpretation, writing the paper, its scientific design, proofreading of the manuscript before submission to the editor.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 21.11.2025
Одобрена после рецензирования 02.12.2025
Принята к публикации 23.12.2025

The article was submitted 21.11.2025
Approved after reviewing 02.12.2025
Accepted for publication 23.12.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 911.52:551.583
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-28-44
EDN: IWXMYM

Сезонные изменения ландшафтов Кавказско-Каспийского региона под влиянием климатических факторов и колебаний современного уровня Каспийского моря

©2025Атаев З. В.✉[1,2,4], Гюльмагомедов А. М.[1,3], Джамалдинов Д. Ш.[4], Зангиева М. Р.[5,6], Нуралиев М. Э.[1], Фролов Д. А.[1], Хусаинов И. М.[4], Шерифова З. Х.[4]

[1]Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова
Махачкала, Россия, zagir05@mail.ru✉, abdulagulmagomedov@mail.ru, m.nuraliev08@mail.ru, dima.frolov932@gmail.com
[2]Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН
Махачкала, Россия, zagir05@mail.ru
[3]Дагестанский государственный университет
Махачкала, Россия, abdulagulmagomedov@mail.ru
[4]Кабардино-Балкарский научный центр РАН
Нальчик, Россия, zagir05@mail.ru, dzhamaldinov.02@inbox.ru, husainov_org@mail.ru, zalina.sherifova@yandex.ru
[5]Загатальский государственный природный заповедник
[6]Загатальский филиал Азербайджанского государственного экономического университета
Загатала, Азербайджан, malaxatzangieva@gmail.com

РЕЗЮМЕ. Цель исследования – выявить закономерности сезонной динамики ландшафтов Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Северного Ирана в условиях современного потепления климата и регрессии уровня Каспийского моря. **Методы**. Применён комплексный подход, включающий полевые наблюдения, анализ данных дистанционного зондирования Земли (серии спутниковых снимков NDVI, снежный покров) и статистическую обработку многолетних гидрометеорологических рядов. **Результаты.** Определены типичные годовые циклы (моноцикличный, бицикличный и др.) сезонной динамики основных ландшафтных компонентов (растительность, сток) и оценено их пространственное распространение по высотным поясам и природным зонам. Установлены тенденции современных изменений фенологических фаз: например, отмечается более раннее наступление весны и удлинение вегетационного периода в горных лесных ландшафтах. Выделены наиболее уязвимые сезоны для экосистем разных зон (высокогорья – период снеготаяния, аридные равнины – ранняя весна и т. д.). Проанализированы климатические и антропогенные факторы, определяющие специфику сезонных ритмов. **Выводы**. Выявленные закономерности сезонной динамики служат научной основой для оценки геоэкологического состояния ландшафтов региона и планирования адаптационных мер в условиях изменения климата.

Ключевые слова: сезонная динамика, ландшафты, Северо-Восточный Кавказ, Азербайджан, Северный Иран, климатические изменения, антропогенная нагрузка, вегетационный период, NDVI.

Благодарность

Работа выполнена и представлена в рамках крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (соглашение № 075-15-2024-644).

Формат цитирования: Атаев З. В., Гюльмагомедов А. М., Джамалдинов Д. Ш., Зангиева М. Р., Нуралиев М. Э., Фролов Д. А., Хусаинов И. М., Шерифова З. Х. Сезонные изменения ландшафтов Кавказско-Каспийского региона под влиянием климатических факторов и колебаний современного уровня Каспийского моря // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 4. С. 28-44. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-28-44. EDN: IWXMYM

Seasonal Changes in the Landscapes of the Caucasus-Caspian Region Under the Influence of Climatic Factors and Fluctuations in the Caspian Sea Current Level

©2025Zagir V. Ataev✉[1,2,4], Abdula M. Gyulmagomedov[1,3], Dzhamaldin Sh. Dzhamaldinov[4], Malakhat R. Zangieva[5,6], Malik E. Nuraliev[1], Dmitry A. Frolov[1], Ildar M. Khusainov[4], Zalina Kh. Sherifova[4]

[1]Gamzatov Dagestan State Pedagogical University
Makhachkala, Russia, zagir05@mail.ru✉, abdulagulmagomedov@mail.ru, m.nuraliev08@mail.ru, dima.frolov932@gmail.com

[2]Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
Makhachkala, Russia, zagir05@mail.ru

[3]Dagestan State University
Makhachkala, Russia, abdulagulmagomedov@mail.ru

[4]Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Nalchik, Russia, zagir05@mail.ru, dzhamaldinov.02@inbox.ru, husainov_org@mail.ru, zalina.sherifova@yandex.ru

[5]Zagatala State Nature Reserve

[6]Azerbaijan State University of Economics, Zagatala Branch
Zagatala, Azerbaijan, malaxatzangieva@gmail.com

ABSTRACT. Aim. This research aims to identify the patterns of seasonal landscape dynamics in the North-Eastern Caucasus, Azerbaijan and Northern Iran under current climate warming and the regression of the Caspian Sea level. **Methods**. A comprehensive approach was applied, including field observations, analysis of Earth remote sensing data (satellite NDVI time series, snow cover) and statistical processing of long-term hydrometeorological records. **Results**. Characteristic annual cycles of seasonal dynamics (monocyclic, bicyclic, etc.) for key landscape components (vegetation, runoff) were determined and their spatial distribution across altitudinal belts and natural zones was assessed. Trends of current shifts in phenological phases were identified: for example, an earlier onset of spring and lengthening of the growing season in mountain forest landscapes. The most vulnerable seasons for ecosystems of different zones were highlighted (highlands – spring snowmelt period, arid plains – early spring, etc.). Climatic and anthropogenic factors defining the specifics of seasonal rhythms were analyzed. **Conclusions**. The revealed patterns of seasonal dynamics serve as a scientific basis for assessing the geo-ecological state of the region's landscapes and for planning adaptation measures under climate change conditions.

Keywords: seasonal dynamics, landscape, North-Eastern Caucasus, Azerbaijan, Northern Iran, Caspian Region, climate change, Caspian Sea level, NDVI, phenology, anthropogenic impact

Acknowledgments

The research was supported financially by the scientific project «Dynamics of the Geoecological State of Mountain River Basins in the Northeast Caucasus, Azerbaijan and Iran under Climate Change and Growing Anthropogenic Pressure» (agreement No. 075-15-2024-644).

For citation: Ataev ZV, Gyulmagomedov AM, Dzhamaldinov DSh, Zangieva MR, Nuraliev ME, Frolov DA, Khusainov IM, Sherifova ZKh. Seasonal Changes in the Landscapes of the Caucasus-Caspian Region Under the Influence of Climatic Factors and Fluctuations in the Caspian Sea Current Level. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(4):28-44. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-28-44. EDN: IWXMYM

Введение

Горные регионы Северо-Восточного Кавказа (Россия), Азербайджана и Северного Ирана представляют собой уникальную природную лабораторию для изучения ландшафтно-климатических взаимосвязей. Их ключевая особенность – резко выраженная пространственная неоднород-

ность гидротермических условий, обусловленная комплексом орографических факторов (большие перепады высот, экспозиция и крутизна склонов, барьерное влияние хребтов Большого и Малого Кавказа и Эльбурса, удалённость от источников влаги). На относительно компактной территории здесь соседствуют экстремально контрастные климатические зоны: от влажных субтропиков побережий (осадки до 2000 мм/год) до засушливых межгорных котловин и низменностей (менее 300 мм/год). Амплитуда среднегодовых температур превышает 20 °C – от положительных значений на равнинах до отрицательных в высокогорьях. Это формирует чёткую высотную поясность ландшафтов, отличающихся высокой чувствительностью к глобальным климатическим изменениям. В таких условиях сезонная динамика, определяющая ритмику энерго- и массообмена в геосистемах, приобретает исключительную контрастность и становится ключевым индикатором их реакции на внешние воздействия. Спектр сезонных режимов крайне широк – от моноциклического в высокогорьях с коротким вегетационным периодом до бицикличного на равнинах, где летняя засуха вызывает депрессию растительности. Таким образом, рассматриваемый регион служит естественной моделью для анализа пространственно-временной организации ландшафтов в условиях сложного рельефа, изменяющегося климата регрессии Каспийского моря. Актуальность изучения динамики ландшафтных параметров в контексте глобального потепления и растущей антропогенной нагрузки неоднократно подчёркивалась в литературе [1-3].

Настоящая работа направлена на выявление закономерностей сезонной ландшафтной динамики в пределах Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Северного Ирана. Исследование опирается на данные полевых наблюдений и дистанционного зондирования (спутниковые ряды NDVI, снежный покров и др.), а также статистический анализ гидрометеорологических рядов. Это позволило проследить сезонные циклы основных компонентов ландшафтов (растительность, сток) и их современные изменения. В результате выделен ряд характерных типов сезонной динамики ландшафтов и оценено их пространственное распространение. Также рассмотрены климатические факторы и антропогенные воздействия, определяющие специфику сезонных ритмов в разных частях региона. В общей сложности выявленные закономерности служат научной основой для оценки геоэкологического состояния ландшафтов и планирования адаптационных мер в условиях изменения климата. Следует отметить, что чрезвычайное разнообразие ландшафтов Кавказа и прилегающих территорий отмечалось во многих классических работах [4-6].

Материал и методы исследования

Исследование сезонной динамики ландшафтов Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Северного Ирана проводилось с применением комплексного подхода, включающего полевые наблюдения, данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), анализ многолетних гидрометеорологических рядов и статистические методы обработки пространственно-временных данных.

Для анализа динамики растительного покрова использовались временные ряды спутникового индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) с разрешением 250 м и 16-дневным композитным интервалом, полученные с датчика MODIS спектрорадиометра за период с 2000 по 2025 г. [7]. Данные были предварительно обработаны (атмосферная коррекция, устранение облачности) с использованием стандартных алгоритмов в среде Google Earth Engine. Для оценки динамики снежного покрова в высокогорьях применялись данные продуктов MODIS о площади и продолжительности залегания снега. Для определения границ высотных поясов и типов земного покрова использовались цифровые модели рельефа (SRTM, ASTER GDEM) и тематические карты [8; 9].

Анализ базировался на многолетних рядах (1990-2025 гг.) метеорологических данных (среднесуточные температуры, сумма осадков) с сети станций Росгидромета (Россия), Государственной гидрометеорологической службы Азербайджана и Исламской Республики Иран (рис. 1). Данные использовались для расчета тепло- и влагообеспеченности, выявления климатических трендов. Фенологические наблюдения за сезонным развитием растительности в ключевых ландшафтах проводились авторами в ходе полевых экспедиций 2020-2024 гг. и были дополнены материалами локальных фенологических сетей. Для

оценки антропогенной нагрузки использовались данные о структуре землепользования (распашка, выпас, ирригация), полученные по картографическим материалам и в ходе полевых исследований, а также по открытым базам данных (CORINE Land Cover) [10-14].



***Рис. 1.* Картосхема расположения метеорологических станций Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана**
Fig. 1. Map of weather stations in the North-Eastern Caucasus, Azerbaijan and Iran

Цифрами на карте обозначены метеостанции Северо-Восточного Кавказа (красные треугольники): 1 – Махачкала; 2 – Дербент; 3 – Буйнакск; 4 – Гуниб; 5 – Ботлих; 6 – Хунзах; 7 – Кумух; 8 – Касумкент; 9 – Ахты; 10 – Кисловодск; 11 – Нальчик; 12 – Владикавказ; 13 – Грозный; метеостанции Азербайджана (синие круги): 14 – Баку; 15 – Сумгаит; 16 – Гянджа; 17 – Мингечевир; 18 – Куба; 19 – Хачмаз; 20 – Шеки; 21 – Загатала; 22 – Исмаиллы; 23 – Ленкорань; 24 – Астара; 25 – Лерик; 26 – Нахчыван; 27 – Джульфа (Азербайджан); 28 – Ордубад; 29 – Шарур; метеостанции Ирана (зеленые квадраты): 30 – Тебриз; 31 – Мераге; 32 – Ардебиль; 33 – Урмия; 34 – Мехабад; 35 – Джульфа (Иран); 36 – Рашт; 37 – Бендер-Анзали; 38 – Рамсар; 39 – Горган; 40 – Бабольсар.

The weather stations of the North-Eastern Caucasus are marked with numbers on the map (red triangles): 1 is Makhachkala; 2 is Derbent; 3 is Buynaksk; 4 is Gunib; 5 is Botlikh; 6 is Khunzakh; 7 is Kumukh; 8 is Kasumkent; 9 is Akhty; 10 is Kislovodsk; 11 is Nalchik; 12 is Vladikavkaz; 13 is Grozny; weather stations of Azerbaijan (blue circles): 14 is Baku; 15 is Sumgait; 16 is Ganja; 17 is Mingachevir; 18 is Quba; 19 is Khachmaz; 20 is Sheki; 21 is Zagatala; 22 is Ismailly; 23 is Lankaran; 24 is Astara; 25 is Lerik; 26 is Nakhchivan; 27 is Julfa (Azerbaijan); 28 is Ordubad; 29 is Sharur; Iran's weather stations (green squares): 30 is Tabriz; 31 is Maragheh; 32 is Ardabil; 33 is Urmia; 34 is Mahabad; 35 is Julfa (Iran); 36 is Rasht; 37 is Bandar-Anzali; 38 is Ramsar; 39 is Gorgan; 40 is Babolsar.

В работе использовались топографические, ландшафтные и почвенные карты масштаба 1:1 000 000 – 1:200 000. Для анализа водного стока и баланса привлекались данные гидрологических постов и литературные источники по региону [14-15].

На основе анализа временных профилей NDVI за многолетний период для различных высотных поясов и ландшафтных единиц с помощью методов сезонно-временного декомпозирования были выделены характерные типы годичной динамики (моноцикличный, бицикличный и др.). Критериями послужили количество пиков продуктивности, продолжительность вегетационного периода, амплитуда сезонных колебаний NDVI.

Для выявления изменений в сроках наступления фенологических сезонов и продолжительности вегетации применялись непараметрические статистические методы. Оценивалась связь между динамикой NDVI и климатическими параметрами (температура, осадки) с использованием коэффициентов корреляции и множественного регрессионного анализа.

С использованием ГИС-технологий (пакеты QGIS, ArcGIS) проведено зонирование территории по типам сезонной динамики, рассчитаны площадные характеристики, построены картосхемы [16]. Анализ высотной поясности выполнялся на основе наложения выделенных типов динамики на цифровую модель рельефа.

Вклад климатических изменений и антропогенной деятельности в трансформацию сезонных ритмов оценивался методом сравнения динамики на эталонных (условно-фоновых) и нарушенных участках, а также путем анализа литературных данных по моделированию сценариев [3; 10-12]. Для количественной оценки изменения гидрологического режима под влиянием этих факторов применялись методы воднобалансовых расчетов [17].

Результаты и их обсуждение

Использованный комплекс методов позволил провести сопоставимый анализ сезонной динамики ландшафтов на всей исследуемой территории, выявить пространственные закономерности и количественно оценить современные изменения.

Анализ данных MODIS Snow Cover за период с 2000 по 2024 г. показал значительную межгодовую изменчивость сроков схода снежного покрова (стандартное отклонение 10-15 дней) и выраженный тренд к более раннему освобождению территории от снега (табл. 1; рис. 2).

На основе анализа фенологических метрик (спутниковых наблюдений за растительностью), климатических показателей и особенностей функционирования экосистем установлено, что на исследуемой территории доминируют пять основных типов сезонной динамики ландшафтов (рис. 3). Каждый из этих типов соответствует определённым высотным поясам и климатическим зонам региона. Ниже приведена их сравнительная характеристика, отражающая ключевые параметры: продолжительность вегетационного периода, форму годового цикла продуктивности (число пиков), продуктивность и долю занимаемой площади (табл. 2).

Таблица 1. **Тренды фенологических параметров по высотным поясам (2000-2024 гг.)**
Table 1. Trends of phenological parameters by altitudinal belt (2000-2024)

Высотный пояс, м Altitudinal belt, m	**SOS тренд, дней/10 лет** SOS trend (days/10 years)	**POS тренд, дней/10 лет** POS trend (days/10 years)	**EOS тренд, дней/10 лет** EOS trend (days/10 years)	**LOS изменение, дней** LOS change (days)	**NPP, г С/м$^{-2}$год$^{-1}$** NPP, g C/m^{-2} year^{-1}
Высокогорья (2500-3000)	-2,5	-1,2	+0,5	+7	300-400
Среднегорья (1000-2500)	-3,8	-2,0	+2,3	+15	800-1200
Предгорья (500-1000)	-3,2	-1,8	+2,5	+14	600-900
Аридные равнины (-29,3-500)	-1,0	+0,2	-1,2	-3	150-300
Гирканские леса (-29,3-700)	-0,4	-0,2	+0,8	+2	1100-1400

Примечание: SOS – начало вегетационного сезона; POS – максимум вегетации; EOS – окончание вегетационного сезона, LOS – продолжительность вегетационного периода, NPP – чистая первичная биопродукция различных типов ландшафтов.

Note: SOS is start of growing season; POS is peak of season (maximum vegetation); EOS is end of growing season; LOS is length of growing season; NPP is net primary bioproduction of various landscapes types.

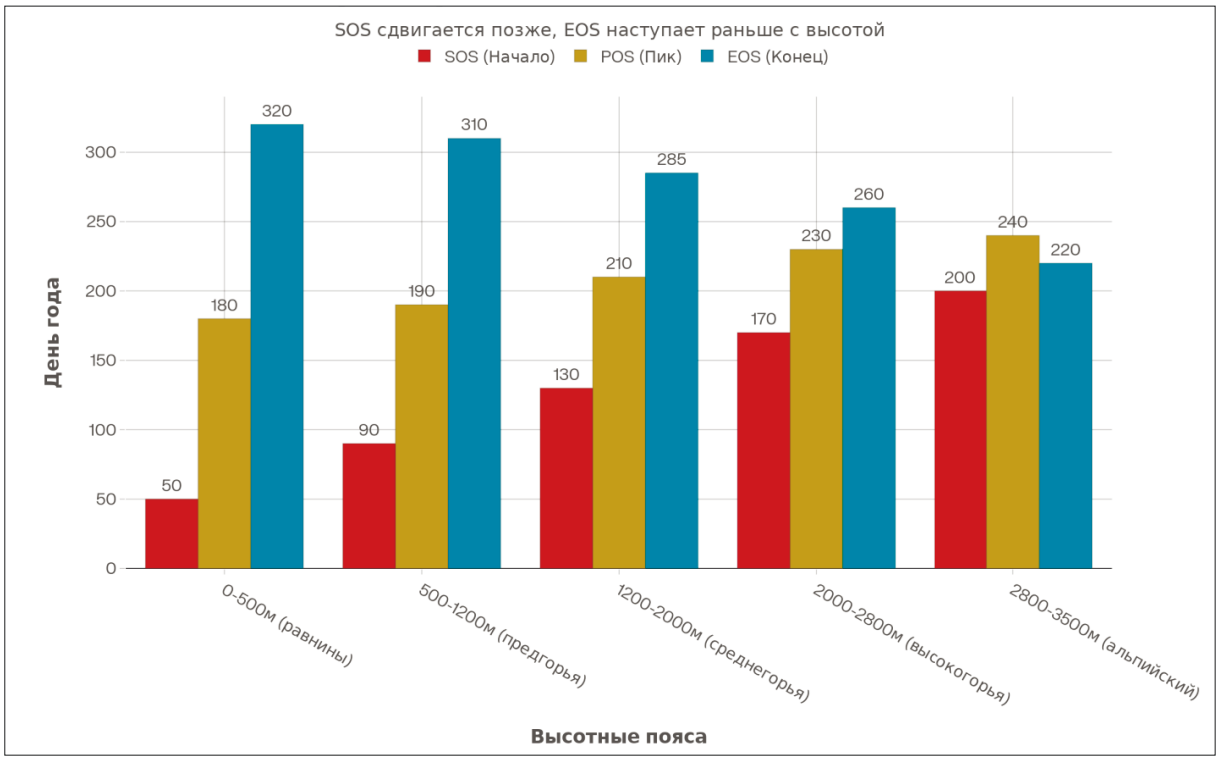


Рис. 2. **Фенологические параметры вегетационного цикла по высотным поясам**
Fig. 2. Phenological parameters of the vegetation cycle across altitudinal belts

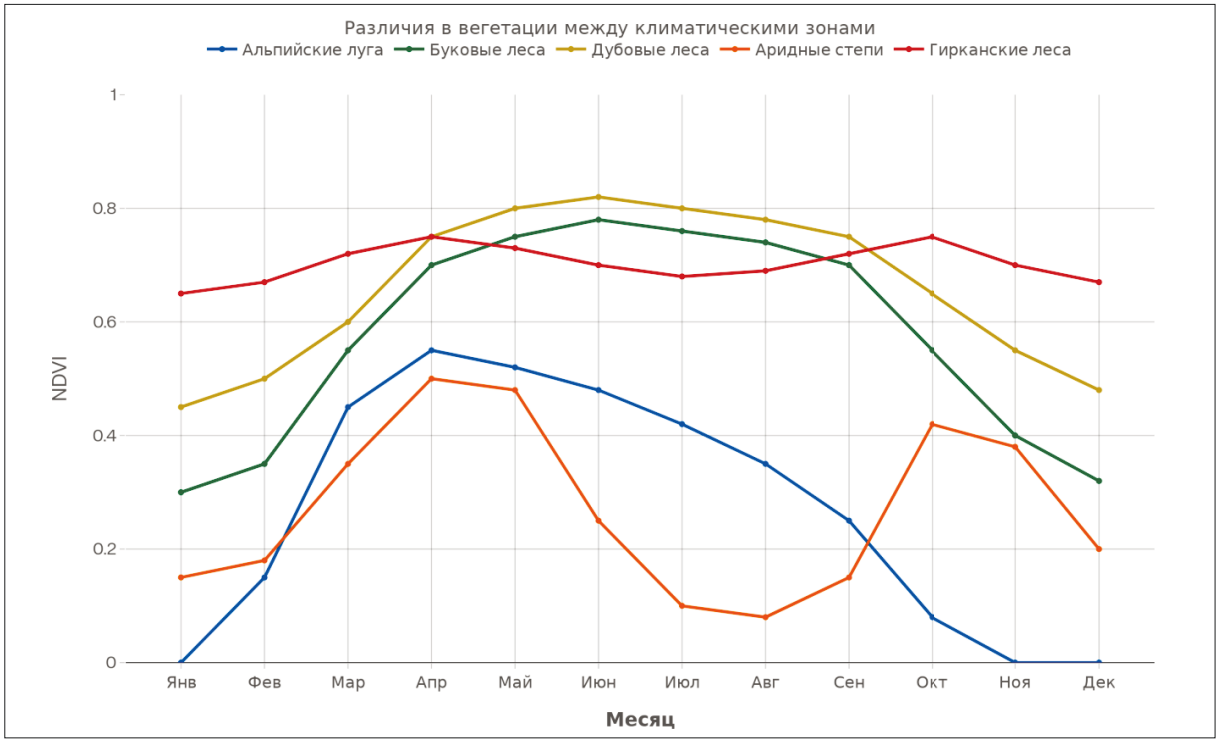


Рис. 3. **Сезонная динамика индекса NDVI для различных типов ландшафтов**
Fig. 3. Seasonal dynamics of NDVI for different landscape types

Таблица 2. **Сравнительная характеристика основных типов сезонной динамики ландшафтов**

Table 2. Comparative characteristics of the main types of seasonal landscape dynamics

Тип динамики Type of dynamics	**Высота, м** Altitude, m	**Осадки, мм/год** Precipitation, mm/year	**Продолжительность вегетации, дни** Vegetation period, days	**Макс. NDVI** Max NDVI	**NPP, г С/м²·год** NPP, g C/m²·year	**Площадь, %** Area, %
Высокогорный Моноцикличный	2500-3500	600-900	100-140	0,68-0,75	300-500	18
Среднегорный удлинённый	800-2200	600-1200	160-210	0,78-0,85	800-1200	22
Предгорный переходный	300-800	400-700	200-230	0,62-0,72	600-900	15
Равнинный бицикличный (аридный)	-29,3-300	200-400	80-120*	0,40-0,55	150-300	35
Гирканский субтропический	-29,3-700	1200-1600	280-310	0,83-0,88	1100-1400	10

Примечание: * – суммарно за весенний и осенний периоды активной вегетации.
Note: * – total for the spring and autumn periods of active vegetation.

Как видно из таблицы, высокогорный моноцикличный тип характеризуется очень коротким вегетационным сезоном (3-4 месяца) и единственным пиком продуктивности летом, тогда как на равнинах преобладает бицикличный режим с двумя периодами роста (весной и осенью) и летней паузой из-за жары и засухи. Гирканский (субтропический) тип, свойственный прикаспийским низменностям юга региона, отличается самым длительным периодом вегетации (до 10 месяцев) и отсутствием выраженного зимнего покоя. Ниже приводится анализ сезонной динамики в основных субрегионах – Северо-Восточном Кавказе, Азербайджане и Северном Иране – с учётом доминирующих там типов и влияющих факторов.

Для ландшафтов Северо-Восточного Кавказа (горные районы Дагестана и сопредельных регионов) характерно преобладание высокогорного моноцикличного и среднегорного удлинённого типов в верхней части профиля, переходящего в предгорный и равнинный аридный типы на понижениях. В высокогорьях Большого Кавказа вегетационный сезон экстремально короток: в альпийском поясе (2500-3200 м) он длится в среднем 3-4 месяца, а выше 3200-3500 м сокращается до 2-3 месяцев [18; 19]. Выше 3800 м растительность почти отсутствует. Единственный пик продуктивности приходится на середину лета (июль–август). Такой режим жёстко контролируется снежным покровом: снег ложится в конце сентября и держится до мая–июня, продолжительность снежного покрова на высотах 3000-3500 м достигает 8-10 месяцев в году. Накопление снега за зиму достигает 1,5-2 м, и на затенённых участках снежники могут сохраняться весь год. Поэтому динамика альпийских экосистем критически зависит от сроков снеготаяния. По данным спутникового мониторинга, за период с 2000 по 2025 г. отмечается тенденция к более раннему освобождению высокогорий от снега: дата схода снежного покрова сместилась в среднем на 12-16 дней раньше (5-7 дней/10 лет). В целом продолжительность снежного покрова в горах Центрального Кавказа сократилась на 15-20 дней за последние 30 лет, что влечёт каскадные эффекты – более раннее начало вегетации, изменение водного режима рек, снижение устойчивости альпийских биоценозов. Риски**:** отмечается постепенное смещение верхней границы леса вверх (на 50-100 м за последние 50 лет) и деградация высокогорной криофильной флоры на фоне потепления. Также возможно уменьшение доли снежно-ледникового питания рек и, как следствие, сокращение летнего стока [20].

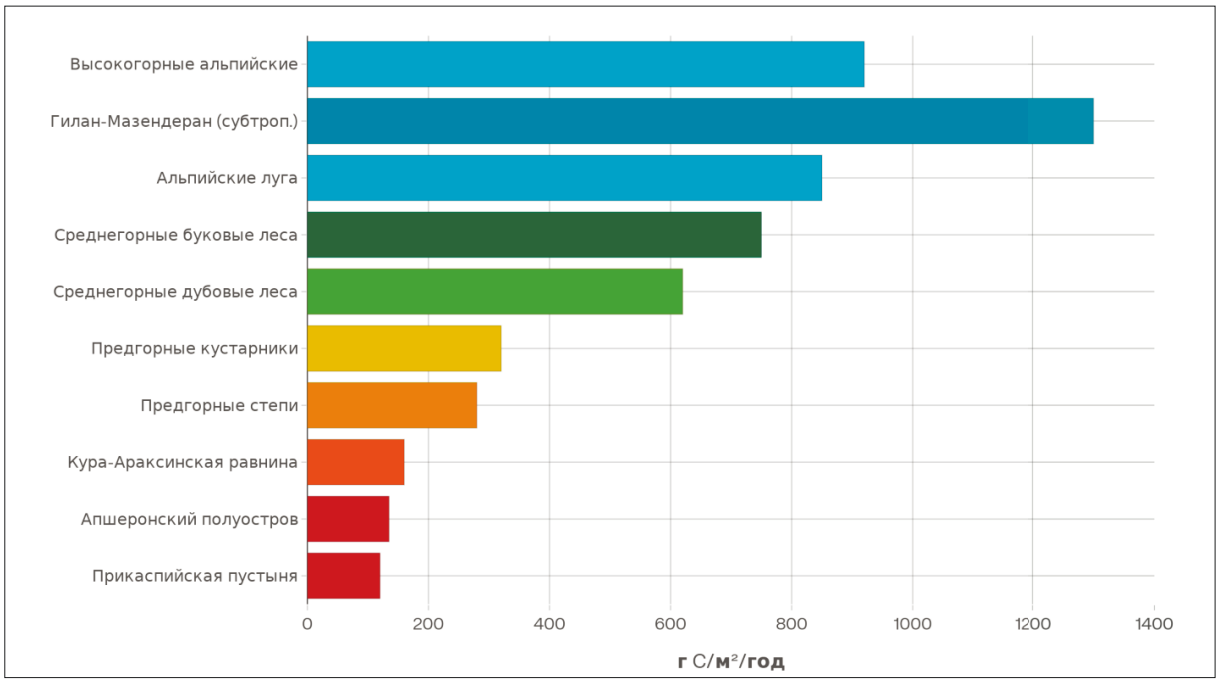


Рис. 4. **Чистая первичная биопродукция различных типов ландшафтов**
Fig. 4. Net primary bioproductivity of different landscape types

Среднегорные и предгорные ландшафты Северо-Восточного Кавказа обладают более продолжительным периодом вегетации (5-7 месяцев) и высоким ландшафтным разнообразием. Здесь преобладает моноцикличный тип с одним выраженным пиком продуктивности в начале лета (июнь–июль). Начало активной вегетации обычно приходится на апрель, окончание – на октябрь, в зависимости от высоты над морем. Лесные экосистемы (буково-дубовые леса) данного пояса отличаются высокой продуктивностью (NPP до 800-1200 г С/м²·год) (рис. 4). Влияние снежного покрова здесь умеренное – снежный сезон короче, и растения успевают раньше выйти из состояния покоя. По результатам анализа многолетних рядов NDVI, наиболее значимый сдвиг начала вегетационного сезона отмечен именно в этой зоне: в среднем на 7-10 дней раньше в высотном интервале 800-1500 м за 2000-2025 гг. (что составляет 3-4 дня/10 лет). В более высоких и более низких поясах тренды слабее, либо статистически незначимы. Кроме того, среднегорья демонстрируют и удлинение продолжительности вегетационного периода на 10-15 дней за счёт более ранней весны и более поздней осени. Эти изменения согласуются с общим потеплением климата региона [21; 22] и увеличением продолжительности тёплого периода.

Низкогорные и равнинные территории Северо-Восточного Кавказа (Прикаспийская низменность Дагестана, Терско-Кумская низменность, нижние предгорья и др.) относятся к аридному типу с бицикличной сезонной динамикой. В этих полупустынных и степных ландшафтах наблюдаются два периода активной вегетации – весной и осенью – разделённые летней паузой из-за дефицита влаги и высоких температур. Весной (апрель–май) формируется основной пик NDVI (0,4-0,5), затем в засушливые летние месяцы растительность частично высыхает, а с первыми осенними дождями происходит вторичный подъем продуктивности (октябрь). Общая продолжительность активной вегетации за год здесь минимальная – порядка 3-4 месяцев суммарно (включая весну и осень). Продуктивность растительности низкая (150-300 г С/м² год), что отражает жесткий лимитирующий характер влагообеспеченности. Малейшие колебания количества или режима осадков существенно влияют на урожайность и биомассу. Так, интенсивность весеннего пика NDVI на равнинах статистически значимо коррелирует с суммой осадков марта–апреля – то есть более влажная весна дает более пышную растительность. В последние десятилетия наблюдается тенденция к усилению аридности климата равнин: снижение годовых

осадков на 5-10 % в сочетании с повышением среднегодовой температуры на 0,8-1,0 °С фиксируется в отдельных районах. Это может приводить к дальнейшему опустыниванию и деградации пастбищных экосистем (усиление процесса опустынивания уже отмечено, что согласуется с глобальными наблюдениями). Антропогенная нагрузка на равнинные ландшафты весьма высока: значительная часть степей распахана под сельскохозяйственные угодья, интенсивный выпас скота ведет к деградации растительного покрова. Орошаемое земледелие, с одной стороны, поддерживает урожаи, с другой – вызывает проблемы засоления почв из-за подъёма минерализованных грунтовых вод. В ряде районов Прикаспия на полях в сухой сезон образуются солевые выцветы [23]. В целом на Северо-Восточном Кавказе наиболее уязвимой фазой годового цикла является весенний период формирования основной продукции на аридных равнинах – именно он определяет годовую продуктивность и зависит от неустойчивых климатических факторов (осадки).

Следует отметить, что в высокогорных районах антропогенное воздействие сравнительно невелико. Антропогенная деятельность здесь представлена главным образом сезонным выпасом скота на летних горных пастбищах, который практикуется испокон веков. Постоянное население на больших высотах немногочисленно, и ландшафты в труднодоступных местах сохраняют природное состояние. Тем не менее, даже эпизодический выпас при современном росте поголовья оказывает воздействие на альпийские экосистемы (уплотнение почв, изменение видового состава лугов). В предгорьях и на равнинах антропогенная трансформация ландшафтов гораздо более выражена – распашка, урбанизация, ирригация и др. Например, лесной покров в Предкавказье сократился до нескольких процентов из-за многовековой хозяйственной деятельности. Таким образом, на Северо-Восточном Кавказе сочетание климатических трендов (потепление, сокращение снегового покрова) и антропогенных изменений (сокращение лесов, перевыпас) определяет современные траектории изменения ландшафтов. Отмеченные факты согласуются с данными о росте роли ливневых дождей и изменении водного баланса региона: доля ливневых осадков местами достигла 40-45 % годовой нормы (на 15-20 % выше среднего), что указывает на перестройку гидрологического режима [15].

Территория Азербайджана охватывает широкий диапазон ландшафтов – от высокогорий Большого и Малого Кавказа на севере и западе до обширных низменностей Куры и прикаспийского побережья, а также Талышских гор на юго-востоке. Соответственно, в республике представлены все пять выделенных типов сезонной динамики (табл. 2). Горные районы на севере (южные склоны Восточного Кавказа) характеризуются высокогорным и среднегорным типом динамики, схожим с описанным для Дагестана: короткий вегетационный сезон в верхней части (альпийские луга), удлинённый сезон в лесном поясе, один пик продуктивности в году. Предгорья (предгорья Большого Кавказа и предгорные равнины Предкавказья на севере Азербайджана) соответствуют переходному типу – длительность вегетации около 200 дней, умеренная континентальность климата, пик продуктивности в начале лета [24]. В этой зоне климат более сухой, чем в горных лесах, однако летняя засуха ещё не столь сильна, чтобы вызвать полный перерыв роста, поэтому наблюдается относительно равномерная продолжительность зелёного периода с весны до осени. Здесь распространены дубовые и смешанные леса, кустарниковые заросли и сухие степи.

Основная особенность ландшафтов Азербайджана – наличие крупных засушливых низменностей в центральной части (Кура-Араксинская низменность, Апшеронский полуостров) и на западе (Нахчыванская котловина), где проявляется типичная бицикличная динамика аридных ландшафтов. Весной на степных и полупустынных равнинах республики наблюдается бурное отрастание эфемеров и трав (апрель – начало мая), отражающееся в резком повышении NDVI. К июню растительность выгорает под влиянием жары и отсутствия дождей (NDVI падает до 0,1-0,2), формируя летнюю депрессию. Осенью (октябрь), с выпадением осадков, происходит вторичное озеленение – поднимаются зелёная отава и осенние эфемеры.

Этот второй пик, как правило, слабее весеннего (NDVI 0,25-0,35) из-за сокращающегося светового дня и общего истощения почвенной влаги за лето. Подобный двойной цикл характерен для Апшерона, Кура-Араксинской низменности, Мильской степи и других регионов Восточного и Центрального Азербайджана. Зависимость продуктивности от влагообеспечения здесь крайне велика: например, в засушливые годы осенний пик может практически отсутствовать. Уменьшение осадков и рост температур, наблюдаемые за последние десятилетия, ведут к усилению аридизации этих ландшафтов. По оценкам, снижение осадков на 5-10 % и потепление на 1 °C могут сократить годовую биопродуктивность пустынных пастбищ и усилить процессы опустынивания. Уже фиксируется деградация растительности на слабо орошаемых землях и падение урожайности в засушливые годы. Данная проблема особенно актуальна для сельскохозяйственных районов Муганской и Ширванской равнин, где отсутствие надёжного ирригационного водоснабжения приводит к потерям урожая в сухие сезоны.

Противоположный полюс ландшафтной сезонности в Азербайджане – гирканские субтропические ландшафты Ленкоранской низменности и Талышских гор на юге страны. Здесь климат влажный и тёплый: годовая сумма осадков 1200-1600 мм (максимум приходится на осенне-зимний период), средняя температура самого холодного месяца около +3…+5 °C, что создаёт условия для практически непрерывной вегетации. Вечнозелёные и полувечнозелёные широколиственные леса (гирканские леса) демонстрируют длительный вегетационный сезон (9-10 месяцев). Зимой рост лишь замедляется, но полного покоя нет – многие виды сохраняют зелёные листья. Максимум продуктивности приходится на позднюю весну – начало лета (май–июнь), когда тепловой режим оптимален, а влаги ещё достаточно. Летний период несколько менее продуктивен из-за относительного снижения осадков к июлю–августу, однако серьезной летней депрессии, как на равнинах, не наблюдается. Индекс NDVI держится на высоком уровне (>0,7) большую часть года (рис. 3, красная кривая). Продуктивность этих лесов очень высокая (годовая NPP 1100-1400 г C/м^2) благодаря сочетанию тёплого климата и обильного увлажнения. Данный тип ландшафтов занимает около 10 % площади региона, включая юго-восток Азербайджана и прилегающие территории Ирана. Сезонная динамика здесь наименее контрастна: ландшафты фактически мультицикличны или ацикличны, без выраженных периодов «отдыха».

Для остальной территории Азербайджана характерны промежуточные типы сезонной динамики. В частности, в предгорных и низкогорных районах на севере и западе страны (на границе с Грузией, Арменией) климат умеренно континентальный: здесь достаточно влаги для продолжительной вегетации, однако летний засушливый период все же проявляется. Длительность зеленого сезона составляет 200-220 дней, пик продуктивности – в начале лета. Во второй половине лета может отмечаться некоторое угнетение растительности из-за недостатка осадков, особенно на южных склонах и в котловинах, но осенью вегетация продолжается до холодов. Подобные режимы отмечаются, например, в предгорьях Талыша, на восточных отрогах Малого Кавказа и др. Необходимо отметить, что антропогенное воздействие на ландшафты Азербайджана весьма значительно, особенно в низменностях. Большая часть степных и лесостепных равнин освоена: распахана под зерновые, сады, хлопковые плантации и другие культуры. Естественные экосистемы сохранились фрагментарно (заповедники, труднодоступные склоны). Многолетнее интенсивное землепользование привело к эрозии почв на склонах, вторичному засолению орошаемых равнин и другим проблемам. Например, на Мильской равнине отмечены очаги засоления почв, требующие мелиоративных мер. Выпас скота в предгорьях Талыша способствует деградации субальпийских лугов и снижению их биоразнообразия. В целом, в Азербайджане климатические изменения (повышение температур, варьирование осадков) накладываются на интенсивную хозяйственную деятельность, совместно определяя современную динамику ландшафтов. Так, в дельте р. Куры снижение речного стока из-за изменений климата усугубляется зарегулированием реки и забором воды на орошение, что приводит к усыханию плавней и потере

нерестилищ. Для эффективного управления природными комплексами требуются учёт обеих групп факторов и научно обоснованные меры адаптации.

Под Северным Ираном в контексте данного исследования понимаются северные провинции страны, прилегающие к южному побережью Каспийского моря (Гилян, Мазендеран и др.), а также горные системы Эльбурса, откуда реки стекают к Каспию. Этот регион географически и климатически смыкается с соседним Азербайджаном и имеет сходную структуру ландшафтов. Выделяются гумидная прибрежно-горная зона (гирканские леса Северного Ирана), влажные высокогорья, а также более засушливые внутренние районы южных склонов Эльбурса и межгорные котловины Иранского нагорья. Соответственно, здесь присутствуют четыре из рассмотренных типов сезонной динамики: гирканский субтропический, горный влажный, горный континентальный и котловинный аридно-бицикличный. Распределение их мозаично и зависит от экспозиции склонов и барьерного эффекта гор. Северные (обращённые к морю) склоны Эльбурса получают намного больше осадков (до 1500-1800 мм/год) и отличаются мягким климатом, тогда как южные склоны резко переходят в полупустыни центрального Ирана с осадками менее 300 мм. Этот градиент чётко прослеживается: во влажных предгорьях на севере произрастают густые леса, а через хребет, на удалении 100 км от моря, находятся сухие плато, где растительность практически отсутствует летом.

Гирканские леса северного Ирана (провинции Гилян, Мазендеран) по своему сезонному режиму аналогичны описанным гирканским лесам Талыша. Здесь отмечается продолжительная вегетация (порядка 10 месяцев), отсутствие морозов зимой (средняя температура января +5…+8 °C на побережье) и обилие осадков осенью и зимой. Таким образом, растительный покров активен почти круглый год, хотя пик роста также приходится на май–июнь. Осенние месяцы в данном регионе отличаются максимальным количеством осадков – до 30-40 % годовой суммы приходится на сентябрь–ноябрь, что поддерживает вторичный рост травянистой растительности осенью. Зимой теплолюбивые виды снижают активность, однако вечнозеленые элементы продолжают фотосинтезировать. В целом, сезонная динамика выражена слабо, ландшафты остаются устойчиво продуктивными весь год. Наиболее уязвимая фаза для этих лесов – поздняя осень, когда случаются сильные ливни и штормовые ветра: в этот период повышается риск оползней и вывалов леса. Однако с точки зрения биотической сезонности гирканские экосистемы весьма стабильны.

В высокогорных районах хребта Эльбурс (выше 2000 м) сезонные циклы более контрастны. В альпийской и субальпийской зонах Северного Ирана наблюдается классический моноцикличный высокогорный режим: снежная зима и короткое лето, один пик вегетации. Сход снежного покрова происходит весной (в апреле–мае в средних высотах, в июне – ближе к снежной линии), сразу после чего стартует бурный рост луговых и кустарниковых сообществ. Лето прохладное и влажное, поэтому продуктивность высокогорных пастбищ достаточно высокая, достигая максимума в июле. К осени (сентябрю) холодные ночи и первые снегопады приводят к завершению вегетации. Продолжительность безморозного периода здесь составляет 3-4 месяца. Этот горный влажный тип сезонной динамики характерен для северных макросклонов Эльбурса и верховий рек, текущих к Каспию. Он напоминает аналогичные условия Центрального Кавказа.

На противоположной, южной стороне Эльбурса климат значительно более континентальный. Склоны, обращенные к Иранскому нагорью, получают мало осадков; лето там жаркое и сухое. Ландшафты южных склонов и прилегающих котловин (например, долина р. Хераз) имеют континентальный горно-котловинный тип сезонной динамики. Зимой в горах холодно (ниже 0 °C), а в котловинах умеренно, но выпадает мало снега. Весной относительно хорошие условия влаги и температуры вызывают вспышку вегетации (рост эфемеров в марте-апреле, цветение степных растений). Летом же наступает продолжительная засуха: в низких котловинах температура может превышать +35 °C, осадков практически нет, растительность переходит в состояние покоя с июня по сентябрь. Лишь с приходом осенних редких дождей на ограниченный период возможен второй

«мини-пик» жизнедеятельности (например, прорастают осенние эфемероиды, частично оживает полынь). Таким образом, за год суммарно получается около 2-3 месяцев активной вегетации. Этот режим аналогичен описанному равнинному бициклическому типу, но с ещё более жёстким летним перерывом. Он присущ некоторым межгорным впадинам северо-западного Ирана и южным предгорьям Эльбурса. Продуктивность таких экосистем крайне низка (NPP порядка 180-300 г С/м^2·год). Они особенно уязвимы к изменениям климата: дальнейшее повышение температуры или сокращение осадков может полностью устранить осенний цикл, усилив опустынивание. Уже сейчас в Иране наблюдается усугубление проблем водообеспечения в летний сезон в подобных районах.

Отдельно следует подчеркнуть влияние антропогенных факторов в Северном Иране. В долине р. Хераз (Мазендеран), выбранной нами как модельный иранский бассейн, за последние десятилетия произошло значительное сокращение площади лесов из-за вырубки и сельхозосвоения. В то же время в низовьях расширились плантации риса и чайные хозяйства. Эти изменения землепользования в сочетании с климатическими изменениями (сокращение осадков на южных склонах, потепление) отразились на годовом цикле ландшафтов. Недавнее исследование [25] показало, что в бассейне р. Хераз вклад изменений климата и изменений покрова в суммарные изменения стока воды за период с 1992 по 2025 г. сопоставимы (каждый около 50 %). Иными словами, уменьшение водной отдачи и сдвиги внутригодового стока обусловлены как климатическим фактором (например, сокращением снегозапасов, изменением режима дождей), так и вырубкой лесов и распашкой земель. Это подчёркивает, что для понимания сезонной динамики ландшафтов в регионе необходимо учитывать совокупное воздействие природных и антропогенных процессов. Кроме того, в Северном Иране наблюдаются локальные экологические проблемы, связанные с сезонностью использования ресурсов: например, летний массовый выпас скота в горах приводит к деградации альпийских пастбищ, особенно в засушливые годы; перегрев и обмеление рек летом усугубляются забором воды на орошение. Тем не менее, предпринимаются усилия по смягчению этих воздействий – создаются охраняемые территории (национальные парки в горах Эльбурса), внедряются почвозащитные меры на склонах и т. д. В целом же для Северного Ирана характерны контрасты между относительно стабильной сезонной динамикой влажных гирканских лесов и хрупкими сезонными циклами в засушливых внутренних районах.

Заключение

Подводя итоги проведенного исследования сезонной динамики ландшафтов Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Северного Ирана, можно сделать следующие основные выводы.

1. Установлена чёткая зависимость типов сезонной динамики от высотного пояса и климатической зоны ландшафта. В альпийском поясе преобладает моноциклический тип с очень коротким вегетационным сезоном (100-140 дней) и единственным летним пиком продуктивности. На противоположном полюсе – равнинный аридный тип с двумя пиками (весна, осень) и летней депрессией растительности. Между ними расположены промежуточные типы (удлинённый горный, переходный предгорный, субтропический гирканский), формирующие непрерывный градиент сезонных режимов.

2. Анализ данных 2000-2025 гг. выявил значимое ускорение весеннего развития растительности в горных районах. В среднегорьях Кавказа начало вегетационного сезона сдвинулось на 7-10 дней в сторону более ранних сроков (3-4 дня/10 лет). В высокогорьях тренд тоже присутствует, но несколько слабее (около 5 дней/10 лет). На аридных равнинах Азербайджана и Ирана статистически значимого сдвига дат начала/конца сезона не обнаружено – там фенологические параметры определяются переменчивыми осадками, и системного удлинения сезона не происходит.

3. В высокогорном поясе Большого Кавказа отмечено уменьшение срока залегания снега в среднем на 15-20 дней за последние 30 лет. Дата схода снега ежегодно наступает всё раньше (на 5-7 дней/10 лет), что приводит к удлинению бесснежного периода в горах. Это сопровождается удлинением вегетационного сезона (на 1-2 недели в среднем) и повышением доли дождевого стока

в реках. Одновременно возрос минимальный зимний сток рек – за 40 лет он увеличился в высокогорных бассейнах на 50-100 % за счёт более теплых зим. Данные тенденции согласуются с наблюдениями по водному балансу Кавказа в целом [17].

4. На засушливых равнинах выявлен характерный двухпиковый цикл продуктивности: основной весенний пик (апрель–май, NDVI 0,4-0,5) и меньший осенний пик (октябрь, NDVI 0,3). Летом происходит резкое падение NDVI до минимальных значений (<0,1-0,2). Интенсивность весеннего озеленения тесно связана с количеством осадков в конце зимы – начале весны. Таким образом, весенняя фаза является критической для годовой продуктивности пустынно-степных ландшафтов. Изменчивость осадков (частые засухи) приводит к сильным колебаниям урожайности биомассы. В условиях потепления и возможного сокращения осадков существует риск дальнейшего ослабления осеннего цикла и деградации этих экосистем.

5. В лесном (среднегорном) поясе отмечено увеличение продолжительности зеленого сезона на 10-15 дней за 2000-2025 гг. Это происходит за счёт совмещенного эффекта более раннего наступления весны и более позднего наступления осеннего листопада. Данная тенденция приводит к повышению суммарной годовой продуктивности горных лесных ландшафтов и может способствовать постепенному смещению ареалов теплоклиматических видов вверх по склону.

6. На основе проведенного анализа выделены сезоны наибольшей уязвимости ландшафтов к внешним воздействиям. Для высокогорий таким периодом является весеннее снеготаяние, когда экосистемы переживают резкий переход от зимы к лету и зависят от достаточности влагозаряда. В случае малоснежной зимы и быстрого таяния возможно снижение увлажнения почв и стресс для альпийских растений. Для среднегорий критической фазой является период весеннего половодья – от него зависит наполнение почв влагой и запуск вегетации; ускорение половодья из-за потепления может привести к сухости в позднюю весну. Для аридных равнин наиболее важна ранняя весна, когда выпадают основные дожди: их недостаток напрямую сокращает годовой цикл роста растений. Таким образом, изменение климатических условий именно в эти ключевые сезоны наиболее сильно отражается на функционировании ландшафтов.

7. На всём протяжении региона выявляются примеры наложения антропогенных эффектов на сезонные природные циклы. В горах к ним относится перевыпас скота на летних пастбищах, который в засушливые годы усугубляет летнюю депрессию растительности. В равнинных районах орошение сглаживает сезонный спад продуктивности, но может приводить к вторичным экологическим проблемам (засоление, заболачивание). Сокращение лесистости в предгорьях ведет к изменению режима снегонакопления и талого стока, влияя на продолжительность влажного сезона вниз по склону. На примере бассейна р. Хераз (Северный Иран) показано, что влияние изменения климата и изменения землепользования на гидрологический режим трудноразделимо – оба фактора вносят примерно равный вклад в трансформацию годового стока. Следовательно, изучение и прогноз сезонной динамики требуют комплексного подхода, учитывающего как климатические тренды, так и антропогенные нагрузки.

Результаты данного исследования существенно дополняют понимание функционирования ландшафтов Кавказско-Каспийского региона в сезонном разрезе в условиях быстро меняющегося климата и регрессии моря [26; 27]. Впервые выполнен комплексный сравнительный анализ сезонных ритмов на всей территории Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Северного Ирана с применением единой методологии. Выявленные типы сезонной динамики и их современные изменения представляют научную и практическую ценность. Они могут быть использованы при долгосрочном планировании водных ресурсов и сельскохозяйственного производства (учёт сдвигов половодья, засух и вегетационного периода), при оценке экологических рисков (например, пожарной опасности в засушливый летний сезон, селевой опасности в период снеготаяния) и разработке адаптационных мер в масштабах региона. Таким образом, понимание сезонных процессов в ландшафтах служит ключом к устойчивому природопользованию и сохранению экологического баланса в условиях изменений климата и нарастающего антропогенного воздействия.

Список источников

1. Атаев З. В., Братков В. В. Реакция ландшафтов Северного Кавказа на современные климатические изменения // Юг России: экология, развитие. 2014. Т. 9, № 1. С. 141-157. EDN: SJNIZL

2. Атаев З. В., Братков В. В. Гидрографическая сеть ландшафтов Российского Прикаспия и ее реакция на современные климатические изменения // Навигация и гидрография. 2025. № 4(81). С. 125-138. EDN: JMMUOV

3. Эдельгериев Р. С. Х., Иванов А. Л., Донник И. М., Багиров В. А. и др. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство). М.: МБА, 2021. 700 с. DOI: 10.52479/978-5-6045103-9-1. EDN: MFABZG

4. Гвоздецкий Н. А. Кавказ. Очерки природы. М.: Географгиз, 1963. 264 с.

5. Гулисашвили В. З., Махатадзе Л. Б., Прилипко Л. И. Растительность Кавказа. М.: Наука, 1975. 236 с.

6. Беручашвили Н. Л. Объяснительная записка к Ландшафтной карте Кавказа. Тбилиси: ТГУ, 1980. 54 с.

7. Атаев З. В., Братков В. В., Нестеров Ю. А. Ландшафтное разнообразие и современные климатические условия территории Республики Дагестан как основа создания карбонового полигона // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 4. С. 37-49. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2022/4/37-49. EDN: GDYCJX

8. Buchner J, Yin H, Lewińska KE, Rizayeva A, et al. Land-cover change in the Caucasus Mountains since 1987 based on the topographic correction of multi-temporal Landsat composites. *Remote Sensing of Environment*. 2020;248:111967. DOI: 10.1016/j.rse.2020.111967

9. Emlaei Z, Pourebrahim Sh, Heidari H, Lee KhE, et al. 2022. The Impact of climate change as well as land-use and land-cover changes on water yield services in Haraz basin. *Sustainability*. 2022;14(13):7578. DOI: 10.3390/su14137578

10. Pörtner H, Roberts DC, Tignor MMB, Poloczanska E, et al. Climate change 2022. Impacts, adaptation and vulnerability. contribution of working group ii to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022:3056. DOI:10.1017/9781009325844

11. World Meteorological Organization (WMO). State of the Global Climate. 2022. Geneva: WMO, 2023:55.

12. Shatberashvili N, Fouinat L, Mitrofanenko T, Guigoz Y, et al. United Nations Environment Programme. 2024. Caucasus Environment Outlook. Second Edition. Arendal, Tbilisi and Vienna.

References

1. Atayev ZV, Bratkov VV. Reaction of landscapes of the North Caucasus on the current climatic changes. *South of Russia: Ecology, Development*. 2014;9(1):141-157. (In Russ). EDN: SJNIZL

2. Ataev ZV, Bratkov VV. Hydrographic network of the Russian Caspian landscapes and its response to modern climate change. *Navigation and Hydrography*. 2025(4(81):125-138. (In Russ). EDN: JMMUOV

3. Edelgeriev RSKh, Ivanov AL, Donnik IM, Bagirov VA, et al. Global climate and soil cover of russia: drought manifestations, prevention, control, mitigation, and adaptation measures (agriculture and forestry). Moscow: MBA, 2021:700. (In Russ). DOI: 10.52479/978-5-6045103-9-1. EDN: MFABZG

4. Gvozdetskiy NA. Caucasus. Essays on Nature. Moscow: Geografgiz, 1963:264. (In Russ).

5. Gulisashvili VZ, Makhatadze LB, Prilipko LI. Vegetation of the Caucasus. Moscow: Nauka, 1975:236. (In Russ).

6. Beruchashvili NL. Explanatory note to the landscape map of the Caucasus. Tbilisi: TSU, 1980:54. (In Russ).

7. Ataev ZV, Bratkov VV, Nesterov YuA. Landscape diversity and current climatic conditions of Dagestan Republic territory as the basis for carbon polygon creation. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2022(4):37-49. (In Russ). DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2022/4/37-49. EDN: GDYCJX

8. Buchner J, Yin H, Lewińska KE, Rizayeva A, et al. Land-cover change in the Caucasus Mountains since 1987 based on the topographic correction of multi-temporal Landsat composites. *Remote Sensing of Environment*. 2020;248:111967. DOI: 10.1016/j.rse.2020.111967

9. Emlaei Z, Pourebrahim Sh, Heidari H, Lee KhE, et al. 2022. The Impact of climate change as well as land-use and land-cover changes on water yield services in Haraz basin. *Sustainability*. 2022;14(13):7578. DOI: 10.3390/su14137578

10. Pörtner H, Roberts DC, Tignor MMB, Poloczanska E, et al. Climate change 2022. Impacts, adaptation and vulnerability. contribution of working group ii to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022:3056. DOI:10.1017/9781009325844

11. World Meteorological Organization (WMO). State of the Global Climate. 2022. Geneva: WMO, 2023:55.

12. Shatberashvili N, Fouinat L, Mitrofanenko T, Guigoz Y, et al. United Nations Environment Programme. 2024. Caucasus Environment Outlook. Second Edition. Arendal, Tbilisi and Vienna.

gramme. 2024. Caucasus Environment Outlook. Second Edition. Arendal, Tbilisi and Vienna. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2024:276. DOI: 10.59117/20.500.11822/46485

13. Elizbarashvili M, Beglarashvili N, Pipia M, Elizbarashvili E, et al. Seasonal temperature and precipitation patterns in Caucasus landscapes. *Atmosphere.* 2025;16(7):889. DOI: 10.3390/atmos16070889

14. Rets EP, Dzhamalov RG, Kireeva MB, Frolova NL, et al. Recent trends of river runoff in the North Caucasus. *Geography, Environment, Sustainability.* 2018;11(3):61-70. DOI: 10.24057/2071-9388-2018-11-3-61-70. EDN: FBZLYJ

15. Георгиевский В. Ю. Изменения стока рек России и водного баланса Каспийского моря под влиянием хозяйственной деятельности и глобального потепления: дисс. ... д-ра геогр. наук. СПб, 2005. 275 с. EDN: NNLZBB

16. Tabunschik V, Dzhambetova P, Gorbunov R, Gorbunova T, et al. Delineation and morphometric characterization of small- and medium-sized Caspian Sea basin river catchments using remote sensing and GIS. *Water.* 2025;17(5):679. DOI: 10.3390/w17050679

17. Лурье П. М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа. СПб: Гидрометеоиздат, 2002. 506 с. EDN: DKXRMW

18. Абдулжалимов А. А., Атаев З. В., Братков В. В. Современные климатические изменения высокогорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2015. № 2(31). С. 86-94. EDN: UWOLIJ

19. Братков В. В., Атаев З. В. Оценка влияния современных климатических условий на природно-территориальные комплексы Северо-Восточного Кавказа (по материалам дистанционного зондирования Земли) // Мониторинг. Наука и технологии. 2017. № 2(31). С. 6-14. EDN: YZIGID

20. Tielidze LG, Nosenko GA, Khromova TE, Paul F, et al. Strong acceleration of glacier area loss in the Greater Caucasus between 2000 and 2020. *The Cryosphere.* 2022;16(2):489-504. DOI: 10.5194/tc-16-489-2022. EDN: CVVCHF

21. Javeline D, Orttung RW, Robertson G, Arnold R, et al. Russia in a changing climate. *WIREs Climate Change.* 2024;15(2):872. DOI: 10.1002/wcc.872. EDN: CUIRXK

22. Serykh I, Krasheninnikova S, Safarov S, Safarov E, et al. Near-surface temperature climate change in the Caspian region: a study using meteorological station data, reanalyses, and CMIP6 models. *Climate.* 2025;13(10):201. DOI: 10.3390/cli13100201

23. Зубкова Т. А., Ташнинова Л. Н., Котенко М. Е., Ташнинова А. А. Почвы равнин Западного
Nairobi: United Nations Environment Programme, 2024:276. DOI: 10.59117/20.500.11822/46485

13. Elizbarashvili M, Beglarashvili N, Pipia M, Elizbarashvili E, et al. Seasonal temperature and precipitation patterns in Caucasus landscapes. *Atmosphere.* 2025;16(7):889. DOI: 10.3390/atmos16070889

14. Rets EP, Dzhamalov RG, Kireeva MB, Frolova NL, et al. Recent trends of river runoff in the North Caucasus. *Geography, Environment, Sustainability.* 2018;11(3):61-70. DOI: 10.24057/2071-9388-2018-11-3-61-70. EDN: FBZLYJ
15. Georgievskiy VYu. Changes in Russian river runoff and the Caspian Sea water balance under the influence of economic activity and global warming: Dr. Sci. (Geography) diss. St. Petersburg, 2005:275. (In Russ). EDN: NNLZBB
16. Tabunschik V, Dzhambetova P, Gorbunov R, Gorbunova T, et al. Delineation and morphometric characterization of small- and medium-sized Caspian Sea basin river catchments using remote sensing and GIS. *Water.* 2025;17(5):679. DOI: 10.3390/w17050679
17. Lurye PM. Water resources and water balance of the Caucasus. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2002:506. (In Russ). EDN: DKXRMW

18. Abdulzhalimov AA, Atayev ZV, Bratkov VV. Modern climatic changes in high-mountain landscapes of the North-East Caucasus. Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences. 2015(2(31):86-94. (In Russ). EDN: UWOLIJ

19. Bratkov VV, Ataev ZV. Evaluation of the influence of current climatic conditions on the natural territorial complexes of the North-Eastern Caucasus (based on the earth's remote sensing data). *Monitoring. Science & Technologies.* 2017(2(31):6-14. (In Russ). EDN: YZIGID
20. Tielidze LG, Nosenko GA, Khromova TE, Paul F, et al. Strong acceleration of glacier area loss in the Greater Caucasus between 2000 and 2020. *The Cryosphere.* 2022;16(2):489-504. DOI: 10.5194/tc-16-489-2022. EDN: CVVCHF

21. Javeline D, Orttung RW, Robertson G, Arnold R, et al. Russia in a changing climate. *WIREs Climate Change.* 2024;15(2):872. DOI: 10.1002/wcc.872. EDN: CUIRXK

22. Serykh I, Krasheninnikova S, Safarov S, Safarov E, et al. Near-surface temperature climate change in the Caspian region: a study using meteorological station data, reanalyses, and CMIP6 models. *Climate.* 2025;13(10):201. DOI: 10.3390/cli13100201
23. Zubkova TA, Tashninova LN, Kotenko ME, Tashninova AA. The Western Pre-Caspian plains soils and problem of their using. *Elektronnoe Nauchnoe Izdanie. Al'manah Prostranstvo i Vremya.*

Прикаспия и проблемы их использования // Электронное научное издание. Альманах пространство и время. 2014. Т. 15. № 1-2. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21325678 (дата обращения: 08.01.2026).

24. Атаев З. В. Теоретико-методологические основы и региональные особенности выделения предгорных ландшафтов как самостоятельных геосистем // Геология и геофизика Юга России. 2025. Т. 15. № 4. С. 151-168. DOI: 10.46698/o0195-2486-7930-v. EDN: GPUXVG

25. Court R, Lattuada M, Shumeyko N, Baimukanov M, et al. 2025. Rapid decline of Caspian Sea level threatens ecosystem integrity, biodiversity protection, and human infrastructure. *Communications Earth & Environment.* 2025;6(1):261. DOI: 10.1038/s43247-025-02212-5

26. Chen JL, Pekker T, Wilson CR, Tapley BD, et al. Long-term Caspian Sea level change. *Geophysical Research Letters*. 2017;44(13):6993-7001. DOI: 10.1002/2017GL073958. EDN: XNUDFW

27. Elguindi N, Giorgi F. Projected changes in the Caspian Sea level for the 21st century based on the latest AOGCM simulations. *Geophysical Research Letters.* 2006;33(8). DOI: 10.1029/2006GL025943

2014;15(1-2). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21325678 (accessed 08.01.2026). (In Russ).

24. Ataev Z.V. Theoretical and methodological foundations and regional specifics of delineating foothill landscapes as independent geosystems. *Geology and Geophysics of Russian South.* 2025;15(4):151-168. (In Russ). DOI: 10.46698/o0195-2486-7930-v. EDN: GPUXVG

25. Court R, Lattuada M, Shumeyko N, Baimukanov M, et al. 2025. Rapid decline of Caspian Sea level threatens ecosystem integrity, biodiversity protection, and human infrastructure. *Communications Earth & Environment.* 2025;6(1):261. DOI: 10.1038/s43247-025-02212-5

26. Chen JL, Pekker T, Wilson CR, Tapley BD, et al. Long-term Caspian Sea level change. *Geophysical Research Letters*. 2017;44(13):6993-7001. DOI: 10.1002/2017GL073958. EDN: XNUDFW

27. Elguindi N, Giorgi F. Projected changes in the Caspian Sea level for the 21st century based on the latest AOGCM simulations. *Geophysical Research Letters.* 2006;33(8). DOI: 10.1029/2006GL025943

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт геологии Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук; директор НИИ биогеографии и ландшафтной экологии, профессор кафедры географии и методики преподавания, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия; ведущий научный сотрудник центра географических исследований, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, Нальчик, Россия, zagir05@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-7731-5594

Гюльмагомедов Абдула Мугутдинович, преподаватель кафедры рекреационной географии и устойчивого развития, Дагестанский государственный университет; аспирант кафедры географии и методики преподавания, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, abdulagulmagomedov@mail.ru, https://orcid.org/0009-0009-5523-5214

Джамалдинов Джамалдин Шамилович, аспирант центра географических исследований, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, Нальчик, Россия, dzhamaldinov.02@inbox.ru. https://orcid.org/0009-0003-8510-7009

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Affiliation

Zagir V. Ataev, PhD. (Geography), Leading Researcher, Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences; Director, Research Institute of Biogeography and Landscape Ecology, Professor, Department of Geography and Teaching Methods, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia; Leading Researcher, Center for Geographical Research, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia, zagir05@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-7731-5594

Abdula M. Gyulmagomedov, Lecturer, Department of Recreational Geography and Sustainable Development, Dagestan State University; Ph.D. student, Department of Geography and Teaching Methods, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, abdulagulmagomedov@mail.ru, https://orcid.org/0009-0009-5523-5214

Dzhamaldin Sh. Dzhamaldinov, Ph.D. student, Center for Geographical Research, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia, dzhamaldinov.02@inbox.ru, https://orcid.org/0009-0003-8510-7009

Malakhat R. Zangieva, Ph.D. (Biology), Chief Researcher, Zagatala State Nature Reserve; Lec-

Зангиева Малахат Рамазан кызы, кандидат биологических наук, главный научный сотрудник, Загатальский государственный природный заповедник; преподаватель кафедры экономики и управления, Загатальский филиал Азербайджанского государственного экономического университета, Загатала, Азербайджан, malaxatzangieva@gmail.com, https://orcid.org/0009-0008-2237-5096

Нуралиев Малик Эсенбулатович, аспирант кафедры географии и методики преподавания, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, m.nuraliev08@mail.ru, https://orcid.org/0009-0000-8837-1831

Фролов Дмитрий Андреевич, аспирант кафедры географии и методики преподавания, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, dima.frolov932@gmail.com, https://orcid.org/0009-0003-7180-7530

Хусаинов Ильдар Мурадович, аспирант центра географических исследований, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, Нальчик, Россия, husainov_org@mail.ru, https://orcid.org/0009-0005-7949-9629

Шерифова Залина Хидирнабиевна, соискатель центра географических исследований, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, Нальчик, Россия, zalina.sherifova@yandex.ru, https://orcid.org/009-005-7195-704X

Zangieva Malakhat Ramazan kyzy, Ph.D. in Biology, Chief Research Officer, Zagatala State Natural Reserve; Lecturer, Department of Economics and Management, Azerbaijan State University of Economics, Zagatala Branch, Zagatala, Azerbaijan, malaxatzangieva@gmail.com, https://orcid.org/0009-0008-2237-5096

Malik E. Nuraliev, Ph.D. student, Department of Geography and Teaching Methods, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, m.nuraliev08@mail.ru, https://orcid.org/0009-0000-8837-1831

Dmitry A. Frolov, Ph.D. student, Department of Geography and Teaching Methods, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, dima.frolov932@gmail.com, https://orcid.org/0009-0003-7180-7530

Ildar M. Khusainov, Ph.D. student, Center for Geographical Research, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia, husainov_org@mail.ru, https://orcid.org/0009-0005-7949-9629

Zalina Kh. Sherifova, external Ph.D. student, Center for Geographical Research, Kabardino-Balkarian Research Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia, zalina.sherifova@yandex.ru, https://orcid.org/009-005-7195-704X

Критерии авторства

Атаев З. В. составил концепцию работы и провел анализ данных: Гюльмагомедов А. М. и Хусаинов И. М. проводили полевые работы, участвовали в интерпретации результатов: Джамалдинов Д. Ш., Нуралиев М. Э. и Шерифова З. Х участвовали в полевых исследованиях: Фролов Д. А. участвовал в полевых работах и проводил дистанционное зондирование территории: Зангиева М. Р. проводила анализ результатов сезонной динамики ландшафтов Азербайджана и Северного Ирана.

Contribution of the authors

Atayev Z. V. developed the research concept and conducted the data analysis: Gulmagomedov A. M. and Khusainov I. M. carried out the field work and participated in the interpretation of the results: Dzhamaldinov D. Sh., Nuraliyev M. E. and Sherifova Z. Kh. participated in the field research: Frolov D. A. participated in the field work and conducted remote sensing of the territory: Zangieva M. R. conducted the analysis of the seasonal dynamics results of Azerbaijan and Northern Iran landscapes.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.10.2025
Одобрена после рецензирования 02.11.2025
Принята к публикации 12.11.2025

The article was submitted 19.10.2025
Approved after reviewing 02.11.2025
Accepted for publication 12.11.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 379.85
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-45-53
EDN: JRVYXQ

Факторы туристической привлекательности города Махачкалы

©2025**Гаджиева З. М.**✉, **Набиев О. С., Акавова Г. К.**
Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова
Махачкала, Россия, gazem73@mail.ru✉, oleg.nabiyev.71@mail.ru, gozelika@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Столица Республики Дагестан – г. Махачкала является одним из крупнейших городов Северо-Кавказского региона. От других городов региона она отличается историей развития, природными условиями, культурно-социальными и культурно-историческими особенностями. **Цель** исследования – рассмотреть факторы туристической привлекательности г. Махачкалы в свете рекреационного освоения территории Республики Дагестан. **Методы.** Были использованы общенаучные и специальные методы – описательный, сравнительный, картографический и др. **Результаты.** Махачкала имеет высокий уровень туристической привлекательности. Данная привлекательность определяется особенностями природных условий, уникальными природными и историческими объектами, культовыми сооружениями и т. д. **Выводы.** Махачкала обладает такими факторами туристической привлекательности, как уникальное географическое положение, своеобразная природа, благоприятные климатические условия, неповторимый национальный колорит, вековые традиции, этническая кухня. Всё это создаёт прочную базу для дальнейшего динамичного развития туристической сферы.

Ключевые слова: Республика Дагестан, Махачкала, туристическая привлекательность города, факторы туристической привлекательности городов.

Формат цитирования: Гаджиева З. М., Набиев О. С., Акавова Г. К. Факторы туристической привлекательности города Махачкалы // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 4. С. 45-53. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-45-53. EDN: JRVYXQ

Factors of Tourism Attractiveness of Makhachkala City

©2025**Zemfira M. Gadzhieva**✉, **Oleg S. Nabiev, Gozel K. Akavova**
Gamzatov Dagestan State Pedagogical University
Makhachkala, Russia, gazem73@mail.ru✉, oleg.nabiyev.71@mail.ru, gozelika@mail.ru

ABSTRACT. Makhachkala, the capital of the Republic of Dagestan, is one of the largest cities in the North Caucasus Region. It differs from other cities in the region in its development history, natural conditions and cultural, social and historical features. The **aim** of the research is to examine the factors contributing to Makhachkala's tourist attractiveness in light of the recreational development of the Republic of Dagestan**. Methods.** General scientific and specialized methods were used, including descriptive, comparative, cartographic and other methods. **Results.** Makhachkala has a high level of tourist attractiveness. This appeal is determined by its natural conditions, unique natural and historical sites, religious buildings, and other features. **Conclusions.** Makhachkala has such factors of tourist attractiveness as a unique geographical location, unique nature, favorable climatic conditions, inimitable national character, centuries-old traditions, ethnic cuisine, etc. All this creates a solid foundation for the further dynamic development of the tourism sector.

Keywords: Republic of Dagestan, Makhachkala, tourist attractiveness of the city, factors of cities tourist attractiveness.

For citation: Gadzhieva ZM, Nabiev OS, Akavova GK. Factors of Tourism Attractiveness of Makhachkala City. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(4):45-53. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-45-53. EDN: JRVYXQ

Введение

На фоне международного кризиса в сфере туризма, который был связан с пандемией COVID-19, в Российской Федерации наблюдается увеличение внутреннего туристического потока и активное развитие внутреннего туризма [1; 2].

Развитие регионального туризма оказывает существенное влияние на экономику, стимулируя создание рабочих мест, пополнение местного бюджета, привлечение инвестиций, развитие современной инфраструктуры, расширение рынка местных товаров и услуг, а также сохранение уникальных местных традиций.

Востребованное направление внутреннего туризма – городской туризм, а Махачкала – город с большим потенциалом развития.

Материал и методы исследования

Были использованы общенаучные и специальные методы – описательный, сравнительный, картографический и др.

Туристическая привлекательность местности рассматривается через понятие «туристская дестинация», т. е. через территорию, обладающую притягательностью для туристов и отвечающую следующим условиям:

– наличие административных и географических границ;

– доступность определенного набора туристических и рекреационных продуктов и услуг;

– привлекательность ресурсов;

– доступность территории (экономическая, транспортная и т. д.);

– имидж и репутация, которые влияют на конкурентоспособность региона в сфере туриндустрии [3].

Главная задача туристской дестинации состоит в привлечении туристов. Т. В. Рассохина [4] приводит следующие типы дестинаций:

– глобальные – турпотоки со всего мира;

– региональные – туристические потоки из своего региона, реже и из регионов мира;

– национальные – внутренние туристические потоки из других регионов страны;

– федеральные – внутренние турпотоки из своего и соседних субъектов страны;

– местный – турпотоки своего субъекта.

Туристическая привлекательность города обусловлена развитостью его туристической инфраструктуры, эстетической привлекательностью окружающих ландшафтов, культурно-историческим наследием и т. д. [3].

Н. А. Николаева [5] указывает на такие факторы туристической привлекательности города, как привлекательное географическое положение, природно-климатические условия, архитектура, история, ремёсла и промыслы, национально-языковое разнообразие, национальная кухня, известные творческие коллективы, местный менталитет, традиции и праздники.

Результаты и их обсуждение

Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что основными факторами туристической привлекательности города являются: природные, культурно-исторические, культурно-социальные, а также развитая туристическая инфраструктура.

Существенную роль играет природная привлекательность местоположения города. Большинство отдыхающих предпочитают места с благоприятным климатом, на море, реке или озере. Туристов привлекают живописные и уникальные ландшафты, минеральные источники, лечебные грязи, живописные и уникальные памятники природы и др. Развитие туристско-рекреационной деятельности во многом определяется сочетанием перечисленных факторов.

На продуктивность использования данных факторов существенное влияние оказывает географическое положение города по отношению к объектам природы; своеобразие береговой линии водоемов; наличие транспортных магистралей и т. д.

Наиболее привлекательны районы живописного рельефа, обладающие комфортностью и культурно-исторической ценностью, особая роль у прибрежных ландшафтов, оказывающих большое эстетическое воздействие на туристов.

Таким образом, туристическая природная привлекательность города определяется многообразием доступных форм рельефа, растительности, наличием водоемов и минеральных источников, благоприятным климатом и т. д. (рис. 1.)

Махачкала – один из городов Дагестана с наиболее привлекательной природой [6]. Город находится на берегу Каспийского моря (рис. 2), где теплое время года длится с начала мая до середины октября и практически без сезонных ограничений, создавая благоприятные условия для гелиотерапии, пеших прогулок, туризма на короткие расстояния, спортивных игр и т. д. Купальный сезон на море начинается со второй половины мая до середины сентября, сдерживающим фактором здесь является волнение воды и неблагоприятное санитарно-гигиеническое состояние пляжей.



Рис. 1. **Город Махачкала**
Fig. 1. Makhachkala City



Рис. 2. **Городской пляж г. Махачкалы**
Fig. 2. City beach of Makhachkala City

Разнообразие и ландшафтная привлекательность рельефа ещё один фактор туристической привлекательности города. Махачкала располагается на перешейке между берегом моря и горой Тарки-Тау. Тарки-Тау – уникальный памятник природы и место массового посещения жителями и туристами (рис. 3). Талгинская котловина с куполообразным возвышением Кукурт-Тау лежит к югу от Махачкалы. Туристов привлекают её живописные уголки. Здесь можно наблюдать различные стратиграфические, гидроминеральные и геоморфологические природные памятники. Добраться до Талгинской котловины можно через живописное Талгинское ущелье, за которым протягивается Талгинская долина с курортом Талги [7; 8].

Туристов также привлекает наличие уникальных природных объектов, расположенных как в черте города, так и в непосредственной близости от него. Например, расположенные недалеко от трассы Ростов-Баку в междуречье Черкез-Озень и Манас-Озень скалы «черепахи» [9].

Бархан Сарыкум – живописное природное явление в 12 км к западу от Махачкалы (рис. 4.). Возвышаясь более чем на 150 м, он вызывает огромный интерес у туристов. Интересными местами для экскурсий являются не только вышеупомянутая Талгинская котловина, но и ущелье Маркова к западу от Махачкалы на северо-восточном склоне хребта Нарат-Тюбе с живописными скалами «Ракета», «Нарт», «Аждага» у входа в ущелье [7].



Рис. 3. **Вид на г. Махачкалу с вершины горы Тарки-Тау глазами туристов**
Fig. 3. View of Makhachkala City from the top of Mount Tarki-Tau through tourists' eyes



Рис. 4. **Туристы на бархане Сарыкум**
Fig. 4. Tourists on the Sarykum dune

Туралинские озера – реликты отступившего моря, расположенные между Махачкалой и Каспийском, в их окрестностях можно наблюдать аккумулятивные, абразивные и эоловые формы рельефа [9].

Особой популярностью пользуются минеральные источники и лечебные грязи: Талгинский сероводородный источник (первый в мире по общему содержанию сероводорода), Кавтар-Кутанский. Эти источники расположены вблизи курортной зоны побережья [7]. В самой Махачкале месторождение обладает восьмью типами вод (содово-глауберовые воды источника «Тарнаир», железистые воды) [10]. Также для туристов интерес представляют сульфидные грязи озёр Махачкалинское, Большое и Малое Турали.

Не менее важным является культурная и социальная привлекательность города. Это определяется наличием музеев, памятников, культовых сооружений, архитектурных особенностей, музыкальных и танцевальных фестивалей, спортивных мероприятий, а также различных выставок и ярмарок, проводимых на площадках города.



Рис. 5. **Памятник русской учительнице в г. Махачкале**
Fig. 5. Monument to a Russian teacher in Makhachkala City

В Махачкале туристы могут посетить такие музеи, как «Музей Боевой славы им. В. В. Макаровой», «Национальный музей республики Дагестан имени А. Тахо-Годи», «Дагестанский музей изобразительных искусств им. П. С. Гамзатовой», «Музей-заповедник Этнографический комплекс Дагестанский аул», «Музей истории города Махачкалы», «Центр этнической культуры» и др. Есть в городе театры: Государственный республиканский русский драматический театр им. М. Горького, Дагестанский государственный театр кукол, национальные музыкально-драматические театры, Дагестанская государственная филармония им. Татама Мурадова и др.

Среди скульптурных и архитектурных достопримечательностей Махачкалы можно отметить памятники кумыкскому поэту Ирчи Казаку на пересечении улиц М. Ярагского и И. Казака, Расулу Гамзатову у Русского драматического театра, бюст императора Петра I в начале одноимённого проспекта, памятник М. Дахадаеву, расположенный на привокзальной площади, памятник русской учительнице в парке «Ак-Гель», памятник Амет-Хану Султану, памятник А. С. Пушкину перед Театром поэзии, памятник С. Стальскому на одноименном бульваре, здание Национальной библиотеки на проспекте Р. Гамзатова, здание Кумыкского театра в приморском парке, Махачкалинский (Петровский) маяк, имеющий высоту в 27 м, и ряд других.

Рядом с одноименным озером расположен парк «Ак-Гель», а также парк развлечений «Дракон». Частью парка являются мемориальный комплекс с памятником русской интеллигенции (другое название – «Памятник русской учительнице») и «Музей истории города Махачкалы» (рис. 5). Недалеко построен большой развлекательный комплекс, включающий кинотеатр, бар, бильярдную и т. д. В городе есть сеть кинотеатров и торгово-развлекательных комплексов.

В Махачкале работают фитнес-центры, бассейны, теннисные корты, а в теплое время года в парковых зонах игровые площадки.

Особенно популярен среди гостей города Родопский бульвар, примыкающий к городскому пляжу. Бульвар проходит вдоль железнодорожного полотна параллельно пляжу и ведет к городскому саду,

часть которого занимает филармония. На пляжах города можно покататься на водных лыжах, моторных лодках, бананах, катамаранах и т. д. На берегу моря есть ресторанные комплексы с концертными площадками – «Хазар», «Лунный берег», «Алые паруса» и др. С городом граничит большое количество туристско-рекреационных («Кизлярская лагуна», «Дельфин» и др.) и культурно-развлекательных («Малибу», «Ак-Гель» и др.) центров.

В ноябре 2023 г. была открыта новая набережная в микрорайоне Редукторный. Протяжённость пешеходной дорожки составила около 1 км, прогулочной и велосипедной – 850 м. Были оборудованы зоны отдыха, сооружены спортивные площадки [11]. Набережная стала привлекательным местом как для местных жителей, так и для туристов. Сейчас она выполняет созерцательную и спортивно-оздоровительную (тренажёры, баскетбольная площадка, велодорожка, игровые площадки для детей) функции, но уже появились кафе, точки проката, в будущем ожидается и развитие культурно-развлекательной функции.

В черте города расположен ряд спортивно-оздоровительных комплексов: дворец спорта и молодёжи им. Али Алиева, аквапарк «LUXOR», стадионы «Динамо», «Труд», где проводят футбольные матчи и различные спортивные мероприятия.

На проспекте Имама Шамиля располагается «Аллея мастеров» – прогулочная зона, где установлены фонтаны в виде балхарских кувшинов и горские башни с журавлями, павильоны. По праздникам проводятся мастер-классы и продается сувенирная продукция (ковры, столовое серебро, керамика и т. д.). К аллее примыкает Центр народных художественных промыслов, который располагает учебно-производственным комплексом по декоративно-прикладному искусству, включая ковротканество, художественную обработку металла и дерева и т. д. [12].

Культурная и историческая привлекательность г. Махачкалы основана на его истории и разнообразии религиозных организаций. Подавляющее большинство жителей города – мусульмане. Все это привносит свой колорит. Достопримечательностью города является построенная в 90-х годах Джума-мечеть – одна из крупнейших мечетей в Европе и уникальная часть архитектуры города, а за образец была взята Голубая мечеть в Стамбуле, открытие состоялось в 1997 г. За последние несколько десятилетий в разных частях г. Махачкалы было построено множество больших и малых мечетей, которые формируют облик современного города. Памятником архитектуры является Свято-Успенский кафедральный собор, основанный в 1906 г.

Важным фактором привлекательности города является развитие транспортной инфраструктуры, наличие газа, электричества, воды, а также доступных лечебно-профилактических учреждений, кафе, ресторанов, баров.

Ситкевич Д. А. и Коротков А. С. [13] отмечают, что Махачкалинская агломерация является отправной и конечной точкой туров по Дагестану, но город также включается в туры из-за его близости к аэропорту и наличия отелей с хорошим сервисом. В Махачкале не так много исторических достопримечательностей, привлекающих туристов, но туроператоры предлагают нишевые продукты, посвященные самой Махачкале: это не только прогулки по городу, но и экскурсии по ремесленным цехам Махачкалы, по махачкалинскому «самострою», по «неформальной» Махачкале.

Если говорить о лечебных учреждениях, то в Махачкале находится немало санаториев и медицинских центров. Здесь расположены санатории «Талги», «Дагестан», «Журавлик», «Горка» и др.

К сожалению, Махачкала в настоящее время испытывает значительные проблемы, связанные с перебоями в подаче электроэнергии, особенно в летний период, что вызывает значительные нарекания и негативно сказывается на имидже города. Одной из проблем Махачкалы является неразвитость гостиничного сектора, существующий фонд классифицированных гостиниц и других средств размещения недостаточен для покрытия сезонного спроса. Только 12 отелей в Махачкале получили категорию «Четыре звезды», один – «Пять звезд» и 19 – «Три звезды» [14].

Другим важным фактором туристической привлекательности является наличие и транспортная доступность пригородных баз отдыха, обеспеченность мест для кемпинга.

И. Н. Волкова и П. М. Крылов [15] отмечают, что населенные пункты Махачкалинской агломерации уже расположены в зоне

удовлетворительной транспортной доступности для развития туризма и рекреации и, по их мнению, основной задачей развития транспортной инфраструктуры на этой территории является развитие вспомогательной инфраструктуры – кемпингов, стоянок, автозаправочных станций. Также, по их мнению, на приток туристов повлияли бы такие меры, как строительство терминала для приема круизных лайнеров в районе Махачкалы, реконструкция международного аэропорта «Уйташ», а также автовокзалов.

Информационное пространство является важным инструментом, формирующим привлекательность города.

В работе Т. А. Ткачевой [16] отмечена высокая зависимость представлений об отдельных субъектах Северного Кавказа от процессов стереотипизации в СМИ. Так, Республика Дагестан ассоциируется у респондентов с «морем» (47 %), «коньяком» (21 %), «Махачкалой» (13 %), «множеством народов» (7 %), «лезгинкой» (3 %).

Различные информационные источники должны работать на повышение привлекательности города, создание его положительного имиджа с помощью рекламы и брендинга. Махачкале нужны собственные туристические бренды. Туристические бренды – это выдающиеся достопримечательности, которые показываются гостям в первую очередь и без которых знакомство с данной местностью будет неполным [17]. Такими брендами для Махачкалы могли бы стать, например, бархан «Сарыкум», плато «Тарки-Тау» и др. Для определения бренда можно провести анкетирование как среди жителей, так и туристов.

Важная проблема турпривлекательности Махачкалы – преобладание антропогенного ландшафта. Плотная городская застройка существенно сократила площадь зелёных зон или привела к их полному исчезновению. В середине 60-х гг. минувшего века площадь зеленых насаждений общего пользования в Махачкале на жителя была 5,5 м^2, сейчас всего 0,2 м^2. Сократились или исчезли защитные насаждения вдоль дорог и улиц, санитарно-защитные зоны между производственной и жилой застройкой. Имеющиеся парки и скверы в настоящее время находятся в довольно жалком состоянии [18].

Заключение

Махачкала обладает такими факторами туристической привлекательности, как уникальное географическое положение, своеобразная природа, благоприятные климатические условия, неповторимый национальный колорит, вековые традиции, этническая кухня и т. д. Прежде всего, столица Дагестана привлекает гостей живописными пейзажами, уникальными природными объектами, песчаными пляжами Каспийского моря и благоприятными климатическими условиями. Достаточно привлекательна Махачкала в культурном, социальном и историческом плане. Важную роль играет транспортная доступность Махачкалы, через город проходят железнодорожные и автомобильные магистрали, также немаловажную роль играет наличие аэропорта. Однако транспортная инфраструктура самого города требует пристального внимания и решения ряда проблем (пробки на дорогах, неразвитая инфраструктура в новых районах и т. д.). Важной задачей развития транспортной инфраструктуры для развития туриндустрии является развитие сопутствующей инфраструктуры.

Из вышесказанного следует отметить, что Махачкала имеет значительные перспективы и хорошую базу для дальнейшего развития туристической сферы.

Список источников

1. Сердюкова Н. К., Сердюков Д. А., Баль Н. В. Анализ трендов развития туризма и гостеприимства в условиях новой реальности // Естественно-гуманитарные исследования. 2022. № 40(2). С. 254-262. EDN: WTSTRM

2. Силова Е. С., Тарынин Ю. С. Тренды развития туризма в России в условиях нестабильности и санкций // Вестник Челябинского государственного университета. 2023. № 8(478). С. 126-137. DOI: 10.47475/1994-2796-2023-478-8-126-137. EDN: UDQRUQ

References

1. Serdyukova NK, Serdyukov DA, Bal NV. Tourism and hospitality development trends in new reality. *Estestvenno-Gumanitarnye Issledovaniya.* 2022(40(2):254-262. (In Russ). EDN: WTSTRM

2. Silova ES, Tarynin YuS. Tourism development trends in Russia under conditions of instability and sanctions. *Bulletin of Chelyabinsk State University.* 2023(8(478):126-137. (In Russ). DOI: 10.47475/1994-2796-2023-478-8-126-137. EDN: UDQRUQ

3. Kruzhalin VI, Mironenko NS, Zigern-Korn NV, Shabalina NV. Geography of tourism: textbook.

3. Кружалин В. И., Мироненко Н. С., Зигерн-Корн Н. В., Шабалина Н. В. География туризма: учебник. М.: Федеральное агентство по туризму, 2014. 336 с. EDN: UXSBTX

4. Рассохина Т. В. Менеджмент туристских дестинаций: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2015. 217 с.

5. Николаева Н. А. Конкурентоспособность города: взгляд зарубежных ученых // Маркетинг в России и за рубежом. 2001. № 6. С. 69-76.

6. Гаджиева З. М., Набиев О. С. Природные факторы туристической привлекательности городов Дагестана // Региональные проблемы преобразования экономики. 2024. № 9(167). С. 211-217.

7. Юсупов А. Р., Мамаев С. А., Юсупов З. А., Мамаев А. С., Алилова Г. А., Баркуева Л. С. Геоморфологические, гидроминеральные и живописные памятники природы предгорного, третичного Дагестана // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2022. № 3(90). С. 63-73. DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-63-73. EDN: GMLDJI

8. Магомедов К. К., Магомедов М. К. Путеводитель геологических походов и географических экскурсий по Дагестану. Махачкала: Дагучпедгиз, 1990. 109 с.

9. Юсупов А. Р., Мамаев С. А., Мамаев А. С., Юсупов З. А. Гидро-минеральные и живописные природные памятники низменного Дагестана // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2021. № 3(86). С. 86-93. DOI: 10.33580/2541-9684-2021-86-3-86-93. EDN: HJKKDE

10. Курбанова Л. М. Бальнеологический потенциал минеральных вод Дагестана // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2021. № 4(87). С. 76-79. DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-76-79. EDN: LJATJP

11. В Махачкале открыли новую набережную на берегу Каспия // РИА Новости. URL: https://ria.ru/20231118/makhachkala-1910258353.html (дата обращения: 11.01.2025)

12. Темирбекова А. З., Магомедгаджиева З. М. Пешеходная экскурсия по центру города Махачкалы «Пять минут пешком» // Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса. 2022. Т. 16. № 1. С. 76-87.

13. Ситкевич Д. А., Коротков А. С. Факторы географической концентрации туристической индустрии: опыт Северо-Восточного Кавказа // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2023. Т. 14. № 2. С. 262-276. DOI: 10.18184/2079-4665.2023.14.2.262-276. EDN: IWRBPG

14. Даитов В. В. Количественный анализ классифицированных гостиниц и иных средств размещения Республики Дагестан // Прогрессивная экономика. 2024. № 6. С. 115-126. DOI: 10.54861/27131211_2024_6_115

Moscow: Federal Agency for Tourism, 2014:336. (In Russ). EDN: UXSBTX

4. Rassokhina TV. Management of tourist destinations: textbook. 3rd ed., revised and enlarged. Moscow: Yurait, 2015:217. (In Russ)

5. Nikolaeva NA. Competitiveness of the city: the view of foreign scientists. *Marketing v Rossii i za Rubezhom.* 2001(6):69-76. (In Russ)

6. Gadzhieva ZM, Nabiev OS. Natural factors of tourist attractiveness of Dagestan cities. *Regional'nye Problemy Preobrazovaniya Ekonomiki*. 2024(9(167):211-217. (In Russ)

7. Yusupov AR, Mamaev SA, Yusupov ZA, Mamaev AS, Alilova GA, Barkueva LS. Geomorphological, hydromineral and painting monuments of nature of the foothill, tertiary Dagestan. *Trudy Instituta Geologii Dagestanskogo Nauchnogo Tsentra RAN*. 2022(3(90):63-73. (In Russ). DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-63-73. EDN: GMLDJI

8. Magomedov KK, Magomedov MK. Guide to geological hikes and geographical excursions in Dagestan. Makhachkala: Daguchpedgiz, 1990:109. (In Russ)

9. Yusupov AR, Mamaev SA, Mamaev AS, Yusupov ZA. Hydro-mineral and picturesque natural monuments of lowland Dagestan. *Trudy Instituta Geologii Dagestanskogo Nauchnogo Tsentra RAN*.2021)3(86):86-93. (In Russ). DOI: 10.33580/2541-9684-2021-86-3-86-93. EDN: HJKKDE

10. Kurbanova LM. Balneological potential of mineral waters of Dagestan. *Trudy Instituta Geologii Dagestanskogo Nauchnogo Tsentra RAN*. 2021. № 4(87). С. 76-79. (In Russ). DOI: 10.33580/2541-9684-2021-87-4-76-79. EDN: LJATJP

11. A new embankment on the Caspian Sea coast was opened in Makhachkala. *RIA Novosti.* URL: https://ria.ru/20231118/makhachkala-1910258353.html (accessed 11.01.2025). (In Russ)

12. Temirbekova AZ, Magomedgadzhieva ZM. Walking tour of the city center of Makhachkala “Five minutes on foot”. *Vestnik Assotsiatsii Vuzov Turizma i Servisa.* 2022;16(1):76-87. (In Russ)

13. Sitkevich DA, Korotkov AS. Factors of geographical concentration in the tourism industry: evidence from Northeast Caucasus. MIR *(Modernization. Innovation. Research)*. 2023;14(2):262-276. (In Russ). DOI: 10.18184/2079-4665.2023.14.2.262-276. EDN: IWRBPG

14. Daitov VV. Quantitative analysis of classified hotels and other accommodation facilities in the Republic of Dagestan. *Progressivnaya Ekonomika*. 2024. № 6. С. 115-126. (In Russ). DOI: 10.54861/27131211_2024_6_115

15. Volkova IN, Krylov PM. Accounting of the transport factor in the scheme of territorial planning

15. Волкова И. Н., Крылов П. М. Учёт транспортного фактора в схеме территориального планирования Республики Дагестан для целей развития туризма и рекреации // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2022. Т. 8. № 3. С. 40-57. EDN: UBSDQD

16. Ткачева Т. А. Туристский образ Северного Кавказа в представлениях населения России // Наука, инновации, технологии. 2018. № 4. С. 77-90. DOI: 10.37495/2308-4758-2018-4-77-90. EDN: YWXBYD

17. Лавочкина Н. А. Туристические бренды территории: структура и особенности // Российское предпринимательство. 2012. № 20(218). С. 152-158. EDN: PESMUP

18. Магомедова А. А., Сапукова А. Ч., Мурсалов С. М. Озеленение города Махачкалы // Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 112. С. 99-112. EDN: UZECQR

of the Republic of Dagestan for the development of tourism and recreation. *Uchenye Zapiski Krymskogo Federal'nogo Universiteta Imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya.* 2022;8(3):40-57. (In Russ). EDN: UBSDQD

16. Tkacheva TA. Tourist image of the Northern Caucasus in the representations of the population of Russia. *Science. Innovations. Technologies.* 2018(4):77-90. (In Russ). DOI: 10.37495/2308-4758-2018-4-77-90. EDN: YWXBYD

17. Levochkina NA. Tourist brands of the territory: structure and peculiarities. Russian Journal of Entrepreneurship. 2012(20(218):152-158. (In Russ). EDN: PESMUP

18. Magomedova AA, Sapukova ACh, Mursalov SM. Landscaping the city of Makhachkala with various plants. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University.* 2015(112):99-112. (In Russ). EDN: UZECQR

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Гаджиева Земфира Магомедрагимовна, кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой географии и методики преподавания, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, gazem73@mail.ru

Набиев Олег Селимович, кандидат биологических наук, доцент кафедры географии и методики преподавания, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, oleg.nabiyev.71@mail.ru

Акавова Гозель Калсыновна, кандидат экономических наук, доцент кафедры географии и методики преподавания, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, gozelika@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1193-7726

Критерии авторства

Авторы принимали равное участие на всех этапах работы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 25.02.2025
Одобрена после рецензирования 11.08.2025
Принята к публикации 29.08.2025

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Zemfira M. Gadzhieva, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Associate Professor, Head of the Department of Geography and Teaching Methods, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, gazem73@mail.ru

Oleg S. Nabiev, Ph.D. (Biology), Associate Professor, Department of Geography and Teaching Methods, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, oleg.nabiyev.71@mail.ru

Gozel K. Akavova, Ph.D. (Economy), Associate Professor, Department of Geography and Teaching Methods, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, gozelika@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1193-7726

Contribution of the authors

The authors took equal part in all stages of the work.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 25.02.2025
Approved after reviewing 11.08.2025
Accepted for publication 29.08.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 551.578.48+502.5
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-54-61
EDN: QZSSVQ

Лавинный риск на всесезонном туристско-рекреационном комплексе «Эльбрус»

©2025Керимов А. М., Акшаяков З. Т., Долова М. Л.✉
Высокогорный геофизический институт
Нальчик, Россия, kerimov.a.m.@mail.ru, akzaur@yandex.ru, madinadolova@yandex.ru✉

РЕЗЮМЕ. Целью настоящей работы является количественная оценка как коллективного, так и индивидуального лавинного риска, а также выделение зон с различным уровнем опасности в соответствии с действующими нормативными актами Российской Федерации. **Материал и методы.** Картографический, геодезический, аналитический. Составлены электронные картосхемы с использованием ГИС. С помощью электронных картосхем выделены лавиносборы. По их параметрам рассчитан полный индивидуальный лавинный риск. **Результат.** Оценка лавинного риска на территории всесезонного туристско-рекреационного комплекса (ВТРК) «Эльбрус» при помощи современных методик, адаптированных к местным географическим и социально-экономическим условиям. **Выводы.** Исследование подтверждает, что лавинный риск на территории ВТРК «Эльбрус» варьируется от минимального до критически высокого в зависимости от местоположения лавиносборов. В отдалённых и малонаселённых районах риск остаётся в допустимых пределах. Однако в зонах с высокой концентрацией туристов и постоянного проживания сотрудников (горнолыжные курорты, базы отдыха, подъёмники) уровень риска достигает значений, требующих незамедлительных мер.

Ключевые слова: лавинный риск, индивидуальный лавинный риск, коллективный лавинный риск.

Формат цитирования: Керимов А. М., Акшаяков З. Т., Долова М. Л. Лавинный риск на всесезонном туристско-рекреационном комплексе «Эльбрус» // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 4. С. 54-61. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-54-61. EDN: QZSSVQ

Avalanche Risk at Elbrus All-Season Tourist and Recreational Complex

©2025Abdullah M. Kerimov, Zaur T. Akshayakov, Madina L. Dolova✉
High-Mountain Geophysical Institute
Nalchik, Russia, kerimov.a.m.@mail.ru, akzaur@yandex.ru, madinadolova@yandex.ru✉

ABSTRACT. The **aim** of the research is to quantitatively assess both collective and individual avalanche risk, as well as to identify zones with varying hazard levels in accordance with current Russian Federation regulations. **Methods**. Cartographic, geodetic and analytical. Electronic maps were created using GIS. Avalanche drainage basins were identified using the electronic maps. The total individual avalanche risk was calculated based on their parameters. **Results.** Avalanche risk was assessed within Elbrus All-Season Tourist and Recreational Complex using modern methods adapted to local geographic and socioeconomic conditions. **Conclusions.** The research confirms that avalanche risk within Elbrus All-Season Tourist and Recreational Complex ranges from minimal to critically high, depending on the location of the avalanche drainage basins. In remote and sparsely populated areas, the risk remains within acceptable limits. However, in areas with a high concentration of tourists and permanent residences (ski resorts, recreation centers, ski lifts), the risk level reaches values requiring immediate action.

Key words: avalanche risk, individual avalanche risk, collective avalanche risk.

For citation: Kerimov AM, Akshayakov ZT, Dolova ML. Avalanche Risk at Elbrus All-Season Tourist and Recreational Complex. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(4):54-61. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-54-61. EDN: QZSSVQ

Введение

Горные территории всегда были зонами повышенной природной опасности. Снежные лавины, возникающие в результате накопления и последующего обрушения снежных масс на склонах, представляют собой одну из самых серьёзных угроз для жизни и имущества в высокогорных районах. Особенно остро эта проблема стоит в регионах, где активно развивается рекреационная деятельность. ВТРК «Эльбрус», расположенный в Приэльбрусье (Кабардино-Балкарская Республика), является ярким примером такого взаимодействия между природной опасностью и человеческой активностью.

С начала 2010-х гг. в рамках государственной программы по развитию внутреннего туризма в Северо-Кавказском регионе были запущены масштабные проекты по созданию современной туристической инфраструктуры. ВТРК «Эльбрус» стал центральным элементом этого кластера, привлекая сотни тысяч туристов ежегодно. Однако вместе с ростом туристической нагрузки возросла и уязвимость населения перед природными угрозами, в первую очередь – перед снежными лавинами.

В современной научной практике оценка лавинного риска рассматривается как интегральный показатель, объединяющий вероятность возникновения лавинных процессов и возможные последствия их воздействия на население и инфраструктуру. В зарубежных исследованиях широко применяется риск-ориентированный поход, предполагающий использование вероятностных моделей, численного моделирования динамики лавин и геоинформационных технологий для пространственного анализа лавиноопасных территорий [1]. Особое внимание уделяется построению карт риска на основе цифровых моделей рельефа, данных дистанционного зондирования Земли и систем мониторинга снежного покрова. В российской научной школе традиционно основное внимание сосредоточено на изучении лавинной опасности, включая анализ условий формирования лавин, морфологии лавиносборов и картирования лавиноопасных склонов. При этом комплексная количественная оценка лавинного риска, учитывающая как вероятность схода лавин, так и потенциальные социально-экономические последствия, разработана сравнительно ограничено, что определяет актуальность дальнейших исследований в данном направлении.

Для обеспечения безопасности требуется не просто знание о наличии лавинной опасности, но и её количественная оценка в терминах риска. Под лавинным риском понимается вероятность возникновения потерь (в первую очередь человеческих жертв), обусловленных сходом снежных лавин на определённой территории в течение заданного периода времени [2]. Эта вероятность зависит как от природных факторов (частоты сходов, объёма лавин, морфологии склонов), так и от социально-экономических (плотности населения, продолжительности пребывания людей в опасных зонах, уровня развития инфраструктуры).

В данной работе для оценки лавинного риска применяется методика, разработанная научно-исследовательской лабораторией снежных лавин и селей географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, и адаптированная к условиям Баксанского ущелья [3; 4]. Впервые для этого региона была составлена электронная карта-схема лавиносборов с использованием современных ГИС-технологий (Google Earth Pro и ArcGIS 10.1) [3; 5-7], что позволило значительно повысить точность пространственного анализа.

Материал и методы исследования

Для проведения расчётов были использованы следующие источники информации:

– архивные данные Северо-Кавказской военизированной службы по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы, охватывающие период с 1980-х гг. по настоящее время. Эти отчёты содержат сведения о датах, местах, типах и характеристиках сходивших лавин [8];

– кадастр лавиносборов, составленный на основе работ В. С. Читадзе [9] и дополненный современными данными (рис. 1). Всего территория была разделена на 9 участков для удобства анализа;

– демографические данные, предоставленные администрацией Эльбрусского муниципального образования, включая численность и плотность населения в различных населённых пунктах и туристических зонах.

Цифровая модель рельефа и спутниковые снимки, использованные для построения электронной картосхемы лавиносборов.

На основе этих данных был составлен каталог лавиносборов, включающий такие

параметры, как координаты, уклон склонов, площадь лавиносбора и зоны поражения, высотные отметки, длина транзитного участка и тип лавины по морфологической классификации Тушинского.

В соответствии с ними выделены границы рассматриваемых лавиносборов (в каталоге). В таблице 1 приводится фрагмент каталога от № 30 до № 49 лавинного очага.

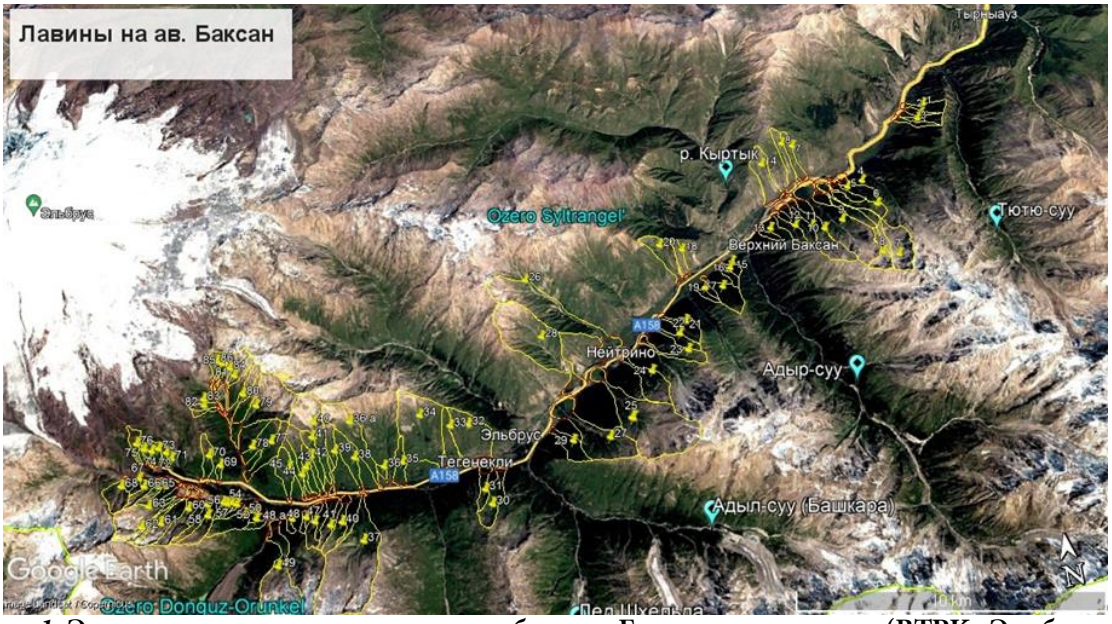


Рис. 1. **Электронная картосхема лавиносборов в Баксанском ущелье (ВТРК «Эльбрус»). (Составлена авторами)**

Fig. 1. Electronic map of avalanche collection areas in the Baksan Gorge (Elbrus ASTRC). (Compiled by the authors)

Таблица 1. **Лавины, сходящие с турбазы «Эльбрус» до Поляны Чегет (правый склон долины р. Баксан). (Составлена авторами)**

Table 1. Avalanches descending from the Elbrus camp site to Polyana Cheget (right slope of the Baksan River valley). (Compiled by the authors)

№ п/п Ser. No.	№ No.	Координаты Coordinates	Средний уклон, % $\alpha_{транита}$/ $\alpha_{зарождения}$ Average slope, % α_{tranit} / $\alpha_{origins}$	Площадь лавиносбора, км² Avalanche catchment area, km²	Площадь зоны поражения, км² Affected area, km²	Высота лавиносбора Max / Min Avalanche catchment height	Длина зоны транзита, м Length of transit zone, m	Тип лавины (по Тушинскому) Avalanche type (according to Tushinsky)
1	30	43°13'59.78"С 42°37'8.08"В	45,8/36,4	1,0	0,091	3195 1813	2230	ПЛ-2
2	31	42°37'0.45"В 42°37'0.45"В	46,1/37,2	0,50	0,13	2865 1830	1710	ПЛ-2
3	37	43°13'47.52"С 42°33'46.35"В	32,8/30,3	5,1	0,046	3757 1960	3740	ПЛ-2
4	40	43°14'12.13"С 42°33'16.91"В	46,3/40,2	0,68	0,11	3190 1971	1890	ПЛ-3
5	41	43°14'10.59"С 42°33'0.67"В	48,3/42,6	0,54	0,068	3176 1994	1640	ПЛ-3
6	47	43°14'18.56"С 42°32'35.49"В	51,2/40,3	0,55	0,066	3142 2017	1760	ПЛ-3
7	48	43°14'25.98"С 42°32'21.29"В	52,1/42,3	0,12	0,013	2642 2036	828	ПЛ-3
8	48а	43°14'27.73"С 42°31'57.99"В	50,3/39,8	0,14	0,024	2479 2047	773	ЛЛ-3
9	49	43°13'37.48"С 42°31'35.78"В	36,4/34,2	2,1	0,14	3609 2085	3030	ПЛ-3



Рис. 2. **Картосхема коллективного лавинного риска для Приэльбрусья (ВТРК «Эльбрус»). (Составлена авторами)**
Fig. 2. Map of collective avalanche risk for the Elbrus Region (Elbrus ASTRC). (Compiled by the authors)

Таблица 2. **Показатели лавинного риска в долине р. Баксан (ВТРК «Эльбрус»). (Составлена авторами)**
Table 2. Avalanche risk indicators in the Baksan river valley (Elbrus ASTRC). (Compiled by the authors)

Обозначение лавинного участка или лавиносбора (№ участка) Avalanche or catchment area designation (area number)	**Повторяемость лавин 1/год** Avalanche frequency F 1/year	**Уязвимость во времени** Temporal vulnerability V_t	**Уязвимость в пространстве** Spatial vulnerability V_s	D **чел.** people	d **Плотность населения, чел/ км²** Population density, people/km²	$R_п$ **чел/год** people/year	R_{ind} **1/год** 1/year
2-й участок	0,04	0,017388	0,029	481	14,58	0,0003	$6 \cdot 10^{-7}$
3-й участок	0,189	0,017388	0,064	3402	109,4	0,023	$6,7 \cdot 10^{-6}$
Чегет	0,033	0,414	0,3	1500	5000	20,4	$1,36 \cdot 10^{-2}$
Терскол	0,5	0,414	0,15	2000	3838	119	$2,1 \cdot 10^{-2}$
Северный цирк, 7-й участок	6,37	0,414	0,0715	113	839	158	$1,4 \cdot 10^{-2}$

Данные о населении получены из администрации Эльбрусского муниципального образования.

Результаты и их обсуждение

Оценка риска проводилась в соответствии с методикой, предложенной Селиверстовым Ю. Г. и соавторами [4], с учётом адаптации к условиям Приэльбрусья. Расчёт включает четыре основных компонента:

1. Уязвимость населения во времени

Этот показатель отражает среднюю продолжительность пребывания человека в лавиноопасной зоне в течение суток и года. Он рассчитывается по формуле:

$$V_t = t_d \cdot t_y/(24/365), \quad (1)$$

где: V_t – уязвимость населения во времени;

t_d – среднее время нахождения в опасной зоне в сутки (в секундах);

t_y – продолжительность лавиноопасного периода в годах (в днях).

В работе приняты следующие экспертные оценки:

t_d = 1 сек. – если на территории отсутствуют дороги и населённые пункты;

t_d = 60 сек. – при наличии дороги (проезд, пеший переход);

t_d = 3600 сек. – если на территории расположен населённый пункт или туристическая база.

Лавиноопасный период в Приэльбрусье длится 8 месяцев – с октября по май, то есть t_y = 243 дня.

2. Уязвимость населения в пространстве

Характеризует долю территории, подверженной лавинному воздействию:

$$V_s = S_i/S_o, \quad (2)$$

где: V_s – уязвимость населения в пространстве;

S_i – площадь зоны поражения (кмI);

S_o – общая площадь лавиносбора (кмI).

3. Коллективный (социальный) лавинный риск

Определяет среднее ожидаемое число погибших в год на данной территории:

$$R_{\text{п}} = F \cdot d \cdot V_{\text{t}} V_{\text{s}}, \quad (3)$$

где: $R_{\text{п}}$ – полный социальный лавинный риск, жертв/год;

F – повторяемость лавин (1/год);

d – плотность населения (чел./кмI).

Результат выражается в «жертвах в год».

4. Индивидуальный лавинный риск

Представляет собой вероятность гибели одного человека в течение года:

$$R_{ind} = R_{\text{п}}/D, 1/\text{год} \quad (4)$$

где: R_{ind} – индивидуальный лавинный риск, 1/год;

D – численность населения на участке.

Расчёты выполнены для зимнего сезона 2024/2025 гг. В таблице 2 представлены полученные значения для ключевых участков ВТРК «Эльбрус».

Анализ данных показывает резкий контраст между малонаселёнными участками (2-й и 3-й) и туристическими центрами – Чегетом, Терсколом и Северным цирком. В последних значения индивидуального риска превышают допустимые нормы на несколько порядков.

На основе расчётов были построены две картосхемы:

1. С использованием выше приведенной методики расчета коллективного и индивидуального лавинного рисков получены схемы коллективного лавинного риска для территории ВТРК «Эльбрус» от Тырныауза до Поляны Азау (рис. 2).

2. На рисунке 3 приведена карта-схема индивидуального лавинного риска. На рисунке выделены лавиносборы по уровню чрезвычайных ситуаций в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2019 г. № 1743 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [10].

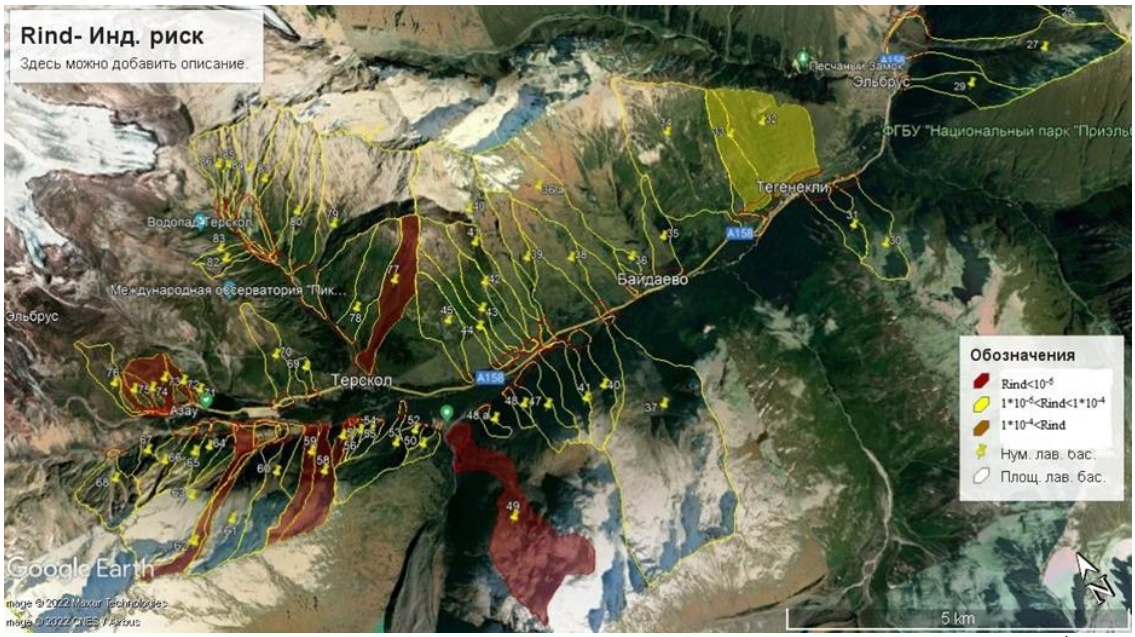


***Рис. 3.* Электронная карта-схема индивидуального лавинного риска для Приэльбрусья (ВТРК «Эльбрус»). (Составлена авторами)**

Fig. 3. Electronic map of individual avalanche risk for the Elbrus Region (Elbrus ASTRC). (Compiled by the authors)

Классификация зон выполнена в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 20 декабря 2019 г. № 1743 [10]:

– приемлемый уровень риска: $R_{ind} < 1{\cdot}10^{-6}$ 1/год – безопасность обеспечивается организационными мерами;

– допустимый уровень риска: $1{\cdot}10^{-6} \leq R_{ind} < 1{\cdot}10^{-4}$ 1/год – допускается развитие инфраструктуры при условии проведения профилактических мероприятий;

– неприемлемый уровень риска: $R_{ind} \geq 1{\cdot}10^{-4}$ 1/год – требуется обязательное применение полного комплекса противолавинных мероприятий; новое строительство запрещено.

Согласно полученным данным, зоны Чегет, Терскол и Северный цирк попадают в категорию «неприемлемого риска». Это означает, что существующие объекты инфраструктуры находятся под угрозой, а любое новое строительство в этих локациях без проведения масштабных инженерных работ недопустимо.

Заключение

Проведённое исследование подтверждает, что на территории ВТРК «Эльбрус» лавинный риск варьируется от минимального до критически высокого в зависимости от локации. В удалённых и малонаселённых районах риск остаётся в пределах приемлемых значений. Однако в местах концентрации туристов и постоянного проживания персонала (горнолыжные комплексы, базы отдыха, подъёмники) риск достигает уровня, требующего немедленного вмешательства.

Особую тревогу вызывает тот факт, что в зонах с неприемлемым риском уже размещена значительная часть туристической инфраструктуры. Это создаёт постоянную угрозу для жизни и здоровья людей, особенно в периоды аномальных снегопадов или оттепелей, провоцирующих массовые сходы лавин.

Для снижения риска до приемлемого уровня необходимо:

1. Усилить мониторинг снежного покрова и лавинной активности с использованием современных дистанционных методов;
2. Проводить регулярные противолавинные мероприятия (взрывные работы, искусственные сходы);
3. Ограничить доступ туристов в особо опасные зоны в периоды повышенной опасности;
4. Обязательно внедрять инженерные защитные сооружения (лавинные дамбы, галереи, защитные сетки);
5. Пересмотреть градостроительные регламенты и запретить новое строительство в зонах с $R_{ind} \geq 1{\cdot}10^{-4}$.

В РФ размещение объектов инфраструктуры в лавиноопасных районах регламентируются системой строительных и инженерно-геологических нормативов (СП 11-105-97, СП 47.13330, СП 116.13330, ВСН 01-83), предусматривающих обязательный учет опасных природных процессов на стадии инженерных изысканий и проектирования, а также разработку мер инженерной защиты территорий [11-14].

Таким образом, управление лавинным риском на ВТРК «Эльбрус» должно стать приоритетной задачей как для органов власти, так и для частных инвесторов. Только комплексный подход, сочетающий научный анализ, инженерную защиту и строгое регулирование застройки, позволит обеспечить устойчивое и безопасное развитие туризма в этом уникальном регионе.

Список источников

1. Herla F, Haegeli P, Horton S, Mair P. A quantitative module of avalanche hazard – comparing forecaster assessments of storm and persistent slab avalanche problems with information derived from distributed snowpack simulations. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2025;25(2):625-64.

2. Мягков С. М. География природного риска. М.: Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, 1995. 224 с. EDN: YPWTTP

3. Керимов А. М., Акшаяков З. Т., Курашева О. А. Кадастр лавиносборов Баксанского ущелья от г. Тырныауз до поляны Азау и электронная

References

1. Herla F, Haegeli P, Horton S, Mair P. A quantitative module of avalanche hazard – comparing forecaster assessments of storm and persistent slab avalanche problems with information derived from distributed snowpack simulations. *Natural Hazards and Earth System Sciences.* 2025;25(2):625-64.

2. Myagkov SM. Geography of natural risk. Moscow: Lomonosov Moscow State University, 199:224. (In Russ). EDN: YPWTTP

3. Kerimov AM, Akshayakov ZT, Kurasheva OA. Cadastre of avalanche catchment areas of the Baksan Gorge from Tyrnyauz town to the Azau glade

карта-схема лавиносборов: регистрация базы данных. Номер свидетельства: RU 2023621428. Номер заявки: 2023620624. Дата регистрации: 09.03.2023. Дата публикации: 10.05.2023. EDN: HOVIYQ

4. Селиверстов Ю. Г., Шныпарков А. Л., Глазовская Т. Г. Оценка лавинного риска для населения горных районов России // Лед и Снег. 2010. № 4(112). С. 41-44. EDN: PIVOQZ

5. Елкин В. А. Региональная оценка карстовой опасности и риска (на примере Республики Татарстан): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. М., 2004. 27 с. EDN: ZMXACR

6. Керимов А. М. Оценка лавинного риска для населения горных районов Центрального Кавказа (на примере Приэльбрусья и Транскама) // Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии: VII Международная конференция (Владикавказ, 30 сентября – 02 октября 2019 г.). Владикавказ, 2019. С. 278-282. EDN: MKGWJW

7. Керимов А. М., Акшаяков З. Т., Курашева О. А., Ашабоков А. Б., Долова М. Л. Лавины Баксанского ущелья: сборник докладов Всероссийской открытой конференции по исследованиям атмосферных и склоновых стихийных явлений в условиях современного изменения климата, посвященной 190-летию создания Гидрометеорологической службы России и 90-летию Эльбрусской высокогорной комплексной экспедиции АН СССР. (Нальчик, 07-11 октября 2024 г.). Нальчик, 2024. С. 344-348.

8. Отчеты Северо-Кавказской военизированной службы по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы. 2020-2025 гг. (Для служебного пользования).

9. Читадзе В. С. Лавинная опасность Баксанского ущелья // Труды Высокогорного геофизического института. 1965. № 4. С. 68-111.

10. Постановление Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2019 г. № 1743 о внесении изменений в пункт 1 Постановления Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

11. СП 11-105-97 Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-геологические изыскания для строительства: дата введения 01.03.1998. URL: https://clc.li/kavFo (дата обращения: 12.10.2025)

12. СП 47.13330.2016 Свод правил инженерные изыскания для строительства. Основные положения: дата введения 01.07.2017. URL: https://clc.li/ykLCF (дата обращения: 12.10.2025)

and an electronic map-scheme of avalanche catchment areas: database registration. Certificate number: RU 2023621428. Application number: 2023620624. Registration date: 09.03.2023. Publication date: 10.05.2023. (In Russ). EDN: HOVIYQ

4. Seliverstov YuG, Shnyparkov AL, Glazovskaya TG. Avalanche risk assessment for the population of mountainous regions of Russia. *Ice and Snow*. 2010(4(112):41-44. (In Russ). EDN: PIVOQZ

5. Elkin VA. Regional assessment of karst hazard and risk (using the Republic of Tatarstan as an example): Author's abstract of Ph.D. (Geology and Mineralogy). Moscow, 2004:27. (In Russ). EDN: ZMXACR

6. Kerimov AM. avalanche risk assessment for the population in mountainous regions of the Central Caucasus (using the Elbrus and Transkam regions as examples*). Hazardous Natural and Man-Made Processes in Mountainous Regions: Models, Systems, Technologies: 7th International Conference (Vladikavkaz, September 30 – October 2, 2019)*. Vladikavkaz, 2019:278-282. (In Russ). EDN: MKGWJW

7. Kerimov AM, Akshayakov ZT, Kurasheva OA, Ashabokov AB, et al. Avalanches of the Baksan Gorge: Collection of Papers of the All-Russian Open Conference on the Investigation of Atmospheric and Slope Natural Phenomena in the Context of Current Climate Change, Dedicated to the 190th Anniversary of the Establishment of the Hydrometeorological Service of Russia and the 90th Anniversary of the Elbrus High-Mountain Complex Expedition of the USSR Academy of Sciences. (Nalchik, October 7-11, 2024). Nalchik, 2024:344-348. (In Russ)

8. Reports of the North Caucasus Paramilitary Service on Active Influence on Meteorological and Other Geophysical Processes. 2020-2025. (For official use only). (In Russ).

9. Chitadze VS. Avalanche hazard of the Baksan Gorge. *Trudy Vysokogornogo geofizicheskogo instituta*. 1965(4):68-111. (In Russ)

10. Resolution of the Government of the Russian Federation, dated December 20, 2019 No. 1743 on Amendments to Clause 1 of the Resolution of the Government of the Russian Federation, dated May 21, 2007 No. 304 “On the Classification of Natural and Man-Made Emergencies”. (In Russ)

11. SP 11-105-97 Code of practice for engineering surveys for construction. engineering and geological surveys for construction: effective date: March 1, 1998. URL: https://clc.li/kavFo (accessed 12.11.2025). (In Russ)

12. SP 47.13330.2016 Code of practice for engineering surveys for construction. main provisions: effective date: July 1, 2017. URL: https://clc.li/ykLCF (accessed 12.10.2025). (In Russ)

13. СП 116.13330.2012 Свод правил инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения: дата введения 01.01.2013. URL: https://clc.li/qHjcW (дата обращения: 12.10.2025)

14. ВСН 1-83 Ведомственные строительные нормы. Типовая инструкция по техническому учету и паспортизации автомобильных дорог общего пользования. Москва, 2000. 49 с.

13. SP 116.13330.2012 Code of practice for engineering protection of territories, buildings, and structures from hazardous geological processes. Main provisions: effective date: 01.01.2013. URL: https://clc.li/qHjcW (accessed 12.10.2025). (In Russ)

14. VSN 1-83 Departmental building codes. Standard instructions for technical record-keeping and certification of public roads. Moscow, 2000:49. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Керимов Абдуллах Мухаметович, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник отдела стихийных явлений, Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия, kerimov.a.m.@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-6225-8053

Акшаяков Заур Тахирович, научный сотрудник отдела экологических исследований, Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия, akzaur@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-3037-7004

Долова Мадина Лионовна, кандидат географических наук, научный сотрудник отдела стихийных явлений, Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия, madinadolova@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0009-5745-973X

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Affiliation

Abdullah M. Kerimov, Ph.D. (Geography), Leading Researcher, Department of Natural Phenomena, High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia, kerimov.a.m.@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-6225-8053

Zaur T. Akshayakov, Researcher, Department of Environmental Research, High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia, akzaur@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-3037-7004

Madina L. Dolova, Ph.D. (Geography), Researcher, Department of Natural Phenomena, High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia, madinadolova@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0009-5745-973X

Критерии авторства

Керимов А. М. – концепция исследования, методология; Акшаяков З. Т. – анализ данных, картографический материал; Долова М. Л. – анализ данных, визуализация результатов, редактирование и оформление.

Contribution of the authors

Kerimov A. M. – research concept, methodology; Akshayakov Z. T. – data analysis, cartographic material; Dolova M. L. – data analysis, visualization of results, editing and design.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 07.11.2025
Одобрена после рецензирования 16.12.2025
Принята к публикации 12.01.2026

The article was submitted 07.11.2025
Approved after reviewing 16.12.2025
Accepted for publication 12.01.2026

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 528.711:551.508.85:004.9:502
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-62-73
EDN: TNRWVJ

Опыт, возможности и перспективы космического зондирования в региональном геоэкологическом анализе и мониторинге динамики ландшафтной структуры и природопользования

©2025Колесникова Е. И.[1], Тесленок С. А.[✉1, 2]
Калашникова Л. Г.[2], Лебедев Э. А.[1]
[1]Югорский государственный университет
Ханты-Мансийск, Россия, kolesnikova.ekaterina_11b_klass@mail.ru,
teslenok-sa@mail.ru[✉], eduard_lebedev1999@mail.ru
[2]Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва
Саранск, Россия, teslenok-sa@mail.ru, lar_ka73@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Цель исследования состоит в оценке накопленного опыта и определении возможностей использования спутниковых данных для регионального анализа и мониторинга динамики ландшафтной структуры и природопользования, в выявлении ключевых методических и технологических тенденций и перспектив дальнейшего развития и совершенствования систем космического мониторинга. В рамках исследования применены следующие **методы**: аналитический обзор литературы, систематизация информации, сравнительный анализ, синтез и обобщение. Полученные **результаты** включают классификацию типов спутниковых данных, применяемых методов и алгоритмов, анализ возможностей их применимости для решения различных геоэкологических задач и представлены в виде обобщенных закономерностей, тенденций и выявленных возможностей. **Выводы** представлены как обобщающие суждения о роли и перспективах дистанционного космического зондирования в указанной предметной области.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, космическое зондирование, спутниковые данные, геоэкологический анализ, ландшафтный мониторинг, динамика ландшафтной структуры, природопользование, машинное обучение, глубокое обучение, ГИС, большие данные, устойчивое развитие.

Формат цитирования: Колесникова Е. И., Тесленок С. А., Калашникова Л. Г., Лебедев Э. А. Опыт, возможности и перспективы космического зондирования в региональном геоэкологическом анализе и мониторинге динамики ландшафтной структуры и природопользования // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 4. С. 62-73. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-62-73. EDN: TNRWVJ

Experience, Capabilities and Prospects of Space Sensing in Regional Geoecological Analysis and Monitoring of Landscape Structure Dynamics and Nature Management

© 2025 Ekaterina I. Kolesnikova[1], Sergey A. Teslenok[✉1, 2],
Larisa G. Kalashnikova[2], Eduard A. Lebedev[1]
[1]Yugra State University
Khanty-Mansiysk, Russia, kolesnikova.ekaterina_11b_klass@mail.ru,
teslenok-sa@mail.ru[✉], eduard_lebedev1999@mail.ru
[2]National Research Ogarev Mordovia State University
Saransk, Russia, teslenok-sa@mail.ru, lar_ka73@mail.ru

ABSTRACT. The **aim** of the research is to evaluate the accumulated experience and determining the possibilities of using satellite data for regional analysis and monitoring the dynamics of landscape structure and environmental management, in identifying key methodological and technological trends and prospects for further development and improvement of space monitoring systems. The following **methods** were used in the study: analytical literature review, systematization, comparative analysis, synthesis and generalization. The obtained **results** include a classification of satellite data types, applied methods and algorithms, and an analysis of their applicability for solving various geoecological problems and presented in the form of generalized patterns, trends and identified opportunities. **Conclusions** are presented as general judgments on the role and prospects of remote space sensing in the specified subject area.

Keywords: Earth remote sensing, space sensing, satellite data, geoecological analysis, landscape monitoring, landscape structure dynamics, nature management, machine learning, deep learning, GIS, sustainable development.

For citation: Kolesnikova EI, Teslenok SA, Kalashnikova LG, Lebedev EA. Experience, Capabilities and Prospects of Space Sensing in Regional Geoecological Analysis and Monitoring of Landscape Structure Dynamics and Nature Management. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(4):62-73. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-62-73. EDN: TNRWVJ

Введение

Достижение целей устойчивого развития, обеспечение оптимального и результативного управления природными ресурсами и сохранение существующего ландшафтного разнообразия в условиях непрерывно нарастающих глобальных климатических изменений, постоянно усиливающегося антропогенного воздействия и интенсивного природопользования нуждаются в разработке и внедрении эффективных систем мониторинга.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) из космоса и получаемые при этом данные предоставляют уникальные возможности для сбора и практического использования актуальной и объективной пространственно распределенной информации о состоянии и динамике ландшафтов, природопользования и разнообразных геоэкологических процессов на разных масштабных (и, соответственно, иерархических) уровнях – от локального до глобального.

Материалы и методы исследования

Проведенное исследование основано на применении комплекса следующих методов: аналитического обзора литературы; получения, анализа и систематизации информации; сравнительного анализа, синтеза и обобщения.

Статья посвящена обзору и систематизации современных подходов, инструментария, достижений и перспектив в области применения спутниковых данных для комплексного регионального геоэкологического анализа, мониторинга динамики ландшафтной структуры и оценки эффективности и устойчивости природопользования, с особым акцентом на методические и технологические аспекты их интеграции в мониторинговые системы.

Отбор источников и структуризация материалов, как критически важные этапы любого исследования, определяющие его качество и убедительность, были основаны на таких принципах, как релевантность (выбор источников, непосредственно связанных с темой исследования), актуальность (в качестве приоритетных использовались наиболее современные исследования, но при этом не игнорировались и более ранние работы), доступность (на выбор оказывала влияние возможность полнотекстового доступа к источникам), объективность (избегание источников с явной предвзятостью или конфликтом интересов). Источники подбирались с помощью научных баз (eLibrary.ru, Google Scholar и аналогичных), университетской библиотеки, сайтов научных журналов, материалов научных конференций, списков источников в других научных изданиях. После отбора источников они были систематизированы по тематике и ключевым концепциям.

Рассмотрим каждую из указанных категорий подробнее:

1. Обзор существующего опыта применения данных ДЗЗ, текущего состояния и перспективных возможностей.

1.1. Источники данных.

Приоритетным источником геоданных в настоящее время является масштабная интеграция результатов полевых эколого-географических исследований и данных ДЗЗ. Наряду с этим не менее важны и другие источники пространственных данных, без которых оценка геоэкологического состояния территории региона представляется недостаточно полной и достоверной

[1; 2]. Современное дистанционное зондирование опирается на широкий спектр спутниковых платформ и сенсоров, каждый из которых обладает уникальными характеристиками, используемыми технологиями и предназначен для решения конкретных задач (табл. 1).

1.1.1. Оптические спутники. К ним относятся такие системы, как Landsat (США), Sentinel-2 (Евросоюз), MODIS на спутниках Terra/Aqua (США), а также коммерческие спутники высокого разрешения (например, PlanetScope, WorldView, QuickBird и др.). Они предоставляют мультиспектральные и панхроматические изображения, регистрирующие отраженное солнечное излучение в видимом и инфракрасном диапазонах. Главное их преимущество заключаются в высоком (от субметрового до сотен метров) пространственном и спектральном разрешении, что позволяет детально картировать растительность, типы землепользования, состояние водных объектов и другие параметры. Тепловые спутники с инфракрасными каналами (такие, как Landsat и MODIS) позволяют измерять температуру земной поверхности, выявлять наличие очагов пожаров, островов тепла и сухости в городах, оценивать показатели транспирации растительности и др.

1.1.2. Радарные (SAR) спутники. Примеры включают Sentinel-1 (Евросоюз), TerraSAR-X (Германия), RADARSAT (Канада). Эти системы используют активное зондирование, излучая радиоволны и регистрируя результаты их отражения. Их ключевое преимущество – независимость от погодных условий и времени суток, а также способность проникать сквозь облачность и (в некоторых случаях) – сквозь растительный покров. Это делает SAR незаменимым для оценки и мониторинга объемов и состояния биомассы, мониторинга наводнений, лесных вырубок, деформаций земной поверхности и других процессов.

1.1.3. Лидарные спутники, такие как ICESat-2, GEDI (NASA) и другие, используют лазерные импульсы для измерения высоты и определения вертикальной структуры объектов и территорий. Они обеспечивают создание высокоточных цифровых моделей рельефа (ЦМР) и поверхностей (ЦМП), а также возможности оценки высоты, структуры и плотности лесной растительности, что критически важно для гидрологического моделирования и оценки запасов углерода.

Выбор конкретного источника данных определяется требованиями, предъявляемыми к пространственному, спектральному и временному разрешению, а также спецификой решаемой геоэкологической задачи [3; 4].

1.2. Анализ современного состояния и изменений ландшафтной структуры территории.

Данные ДЗЗ являются основой для детального анализа ландшафтной структуры и ее динамики, обеспечивая реализацию приведенных ниже возможностей.

Таблица. **Применение источников данных для дистанционного зондирования Земли**
Table. Use of data sources for Earth remote sensing

Тип спутника	Примеры аппаратов	Особенности	Применение
Оптические	Landsat, Sentinel-2, MODIS на спутниках Terra/Aqua, коммерческие спутники высокого разрешения (PlanetScope, WorldView, QuickBird и др.)	Регистрируют отраженное излучение от объектов и преобразуют его в цифровой сигнал	Сбор данных об объектах земной поверхности с помощью электромагнитного излучения в видимом и инфракрасном диапазонах
Радарные	Sentinel-1, TerraSAR-X, RADARSAT и др.	Используют радиолокационную аппаратуру для получения данных о поверхности планеты и объектах на ней	Наблюдение за поверхностью Земли в любое время суток и независимо от состояния атмосферы. Оценка биомассы, мониторинг наводнений, лесных вырубок, деформаций земной поверхности и др.
Лидарные	ICESat-2, GEDI и др.	Оснащены источниками лазерного излучения и датчиками, измеряющими время обратного отражения	Создание подробных 3D-карт поверхности Земли, высокоточных ЦМР И ЦМП, оценку высоты, структуры и плотности лесной растительности, гидрологическое моделирование и оценка запасов углерода

1.2.1. Картирование типов землепользования. Спутниковые снимки позволяют создавать актуальные высокоточные карты землепользования, которые являются фундаментом для любого геоэкологического исследования. Они позволяют отслеживать изменения в структуре распределения лесов, сельскохозяйственных угодий, водных объектов, городской застройки и других элементов ландшафта и типов землепользования.

1.2.2. Оценка степени фрагментации ландшафтов. С использованием возможностей пространственного анализа космических данных можно количественно оценить показатели фрагментации природных территорий, вызванной дорогами, линиями электропередачи и связи, транспортными коридорами, населенными пунктами, сельскохозяйственной деятельностью, что имеет прямое отношение к сохранению биоразнообразия и уровня устойчивости экосистем.

1.2.3. Выявление коридоров экологической связности. На основе карт землепользования и анализа пространственных метрик определяются потенциальные экологические коридоры, необходимые для обеспечения возможности миграций биологических видов и поддержания генетического обмена между разобщенными антропогенной деятельностью природными комплексами.

1.2.4. Анализ пространственной организации гео- и экосистем. ДЗЗ помогает выявлять специфику пространственного распределения различных природных комплексов, особенности их взаимодействия и изменения структуры под воздействием природных и антропогенных факторов.

1.2.5. Использование мультиспектральных индексов. Такие индексы, как NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index) – для оценки здоровья и плотности растительности; NDWI (Normalized Difference Water Index) – для мониторинга водных объектов и влажности почв; NDSI (Normalized Difference Snow Index) – для анализа снежного покрова, а также множество других специализированных индексов предоставляют ценную информацию об экологическом состоянии растительности, почвенного и снегового покрова, гидрологического режима территорий [5-7].

1.3. Мониторинг природопользования.

Спутниковые данные играют ключевую роль в отслеживании состояния геосистем и динамики их антропогенных изменений. В районах, находящихся в непосредственной близости к крупным населенным пунктам крайне важны наблюдения за геодинамикой, необходимые для изучения рельефа и геологических особенностей территории на предмет предрасположенности к деформациям земной коры. Это критически важно при оценочных работах на предмет безопасности строительства и стабильности зданий, сооружений и иной инфраструктуры в пределах городских агломераций [8]. Исследование деформаций способствует раннему выявлению проблем городской инфраструктуры, и помогает строителям и геологам правильно спланировать такие объекты, как дороги, мосты, трубопроводы и др. Так как деформации земной коры могут быть значительными по своему воздействию – необходимо снизить риски разрушения данных объектов и располагать их в наиболее безопасных для этого местах, не подверженных изменениям земной коры. Анализ деформаций может предоставить информацию для разработки более эффективных городских планов развития и строительства [8]. На рисунке 1 представлены результаты определения компонент деформации земной коры по результатам спутниковых геодезических измерений, выполненных на дифференциальных станциях на территории Республики Татарстан [8].

Спутниковые данные позволяют контролировать указанные ниже виды антропогенной деятельности и их реальные и потенциальные экологические последствия.

1.3.1. Горнодобывающая промышленность – мониторинг расширения площадей и объемов карьеров, отвалов, зон складирования отходов, хвостохранилищ, оценка степени рекультивации нарушенных земель и др.

1.3.2. Сельское хозяйство – картирование посевных площадей, идентификация видов возделываемых сельскохозяйственных культур, оценка их актуального и прогнозного состояния и продуктивности, прогнозирование урожайности, мониторинг состояния и динамики ирригационных систем, выявление заброшенных и малопродуктивных земель, контроль севооборотов и др.

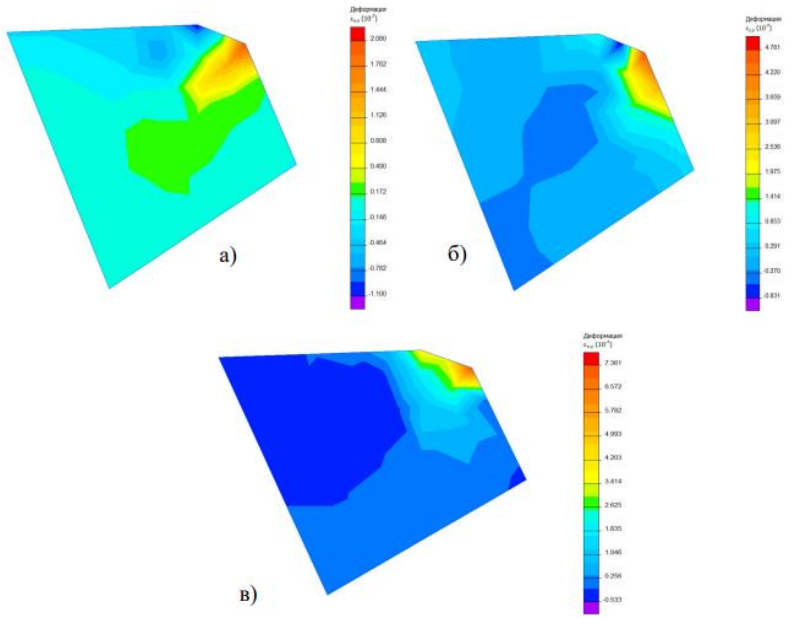


Рис. 1. **Поле распределения деформаций земной коры:**
а) вдоль оси x; б) вдоль оси y; в) сдвиговой деформации xy
Fig. 1. The distribution field of crustal deformations:
a) along the x-axis; б) along the y-axis; в) shear deformation xy

1.3.3. Лесное хозяйство – мониторинг состояния лесного покрова, обнаружение и оценка площадей и объемов незаконных вырубок, оценка последствий лесных пожаров, идентификация и оценка пораженных болезнями и вредителями отдельных участков, оценка биомассы и углеродного депонирования и др. [9].

1.3.4. Водное хозяйство – мониторинг динамики площадей, береговых линий и состояния водоемов, динамика зон затопления и подтопления, контроль за уровнем воды в водоемах, выявление источников загрязнения, наличия и степени эвтрофикации и др.

1.3.5. Урбанизация – отслеживание темпов роста и расширения городских поселений, картирование изменений в плотности застройки, анализ трансформации зеленых зон населенных пунктов, оценка эффекта островов тепла и сухости в мегаполисах [10] и др. Применение ДЗЗ позволяет не только регистрировать происходящие изменения, но и оценивать степень урбанистического воздействия на окружающую среду, а также контролировать соблюдение природоохранного законодательства и норм рационального природопользования [11-14].

1.4. Геоэкологический анализ.

Космическое зондирование является мощным инструментом для выявления и картирования зон экологического риска, неблагополучия и анализа опасных объектов, явлений и процессов.

1.4.1. Выявление и картирование зон экологического риска и неблагополучия. Обнаружение территорий с повышенными уровнями загрязнений (например, по спектральным аномалиям, связанным с выбросами промышленных предприятий или разливами нефти), с деградированным почвенно-растительным покровом и др. [14].

1.4.2. Оценка состояния водосборных бассейнов с анализом землепользования на их территориях, выявление источников поверхностного стока, содержащих загрязняющие вещества, что важно для управления качеством поверхностных и подземных вод и др.

1.4.3. Мониторинг деградационных процессов с отслеживанием пространственно-временных особенностей размещения и развития водной эрозии и дефляции (по изменению плотности растительного покрова и уменьшению площади проективного покрытия почв и др.), развития и распространения опустынивания (по уменьшению объемов биомассы и снижению общей и видовой биологической продуктивности, обезлесению, деградации сенокосно-пастбищных угодий, расширению площадей песчаных массивов, инвазии отдельных видов биоты и др.), загряз-

нения водоемов (по цветению воды, наличию пленок на поверхности и др.), пересыхания и вторичного засоления почв и др.

1.4.4. Анализ последствий природных и стимулированных антропогенной деятельностью опасных явлений, бедствий и катастроф с оперативным картированием зон лесных пожаров (оценка количества очагов, площади, интенсивности горения и распространения, степени выгорания и др.), наводнений (зон затопления и подтопления, ущерба населению и инфраструктуре), селей, оползней, разливов нефти и других техногенных аварий, что критически важно для планирования спасательных операций и оценки причиненного и потенциального ущерба [9; 12; 15].

2. Методологические подходы и технологии использования спутниковых данных в системах мониторинга.

2.1. Методы классификации и дешифрирования.

Эффективное применение спутниковых данных требует использования современных методологических подходов, передовых технологий и актуального программного обеспечения.

2.1.1. Традиционные методы, включающие пиксельную классификацию (контролируемую и неконтролируемую), в результате которой каждому пикселю присваивается определенный класс на основе его спектральных характеристик.

2.1.2. Объектно-ориентированный анализ изображений (англ. – Object-Based Image Analysis, OBIA) позволяет группировать соседние пиксели в осмысленные объекты (сегменты) на основе их спектральных, пространственных и текстурных характеристик, что значительно повышает точность классификации и дешифрирования, особенно для сложных ландшафтов.

2.1.3. Современные подходы на основе таких форм искусственного интеллекта (ИИ, англ. – Artificial Intelligence, AI), как машинное обучение (МО, англ. – Machine Learning, ML) и его разновидность – глубокое обучение (ГО, англ. – Deep Learning, DL). Применяемые алгоритмы, такие как Random Forest, Support Vector Machines (SVM), искусственные нейронные сети (ИНС, англ. – Artificial Neural Networks, ANN) (включая сверточные нейронные сети (СНС, англ. – Convolutional Neural Networks, CNN), рекуррентные нейронные сети (РНС, англ. – Recurrent Neural Network, RNN) и др., позволяют автоматизировать процессы классификации, повысить ее точность за счет обучения на больших объемах данных и выявлять сложные, нелинейные зависимости. Эти методы особенно эффективны для решения задач многоклассовой классификации, обнаружения аномалий и извлечения сложных пространственных признаков [16; 17].

2.2. Анализ временных рядов.

Методы анализа многолетних спутниковых данных (в виде временных рядов) являются ключевыми для мониторинга значительного числа динамических природных, природно-антропогенных и антропогенных процессов:

2.2.1. Выявление трендов, когда долгосрочный анализ позволяет обнаруживать негативные с экологической точки зрения устойчивые изменения, такие как опустынивание, деградация древесно-кустарниковой и травянистой растительности, расширение сельскохозяйственных угодий и др.

2.2.2. Анализ сезонности и фенофаз с изучением циклических изменений в состоянии растительного покрова (фенологические фазы), позволяющий лучше понимать суть протекающих экологических процессов и происходящих сезонных изменений, а также прогнозировать урожайность.

2.2.3. Выявление аномалий – обнаружение резких, нерегулярных изменений (например, вызванных пожарами, наводнениями, вредителями, массовыми болезнями и т. п.) по отклонению от ожидаемого временного ряда.

2.2.4. Оценка скорости изменений – количественное определение темпов деградации или восстановления ландшафтов [18]. Примеры включают использование временных рядов NDVI для отслеживания динамики растительного покрова, анализа сельскохозяйственных циклов, мониторинга засух и других неблагоприятных климатических событий и явлений [19].

2.3. Интеграция данных.

Путем интеграции разнородных данных достигается повышение степени надежности и объективности результатов геоэкологического анализа и мониторинга.

2.3.1. Слияние спутниковых данных – комбинирование данных различных сенсоров (например, оптических для детального картирования с радарными – для мониторинга сквозь облачный покров) позволяет

получить более полную и объективную картину.

2.3.2. Интеграция с результатами наземных измерений и полевых исследований. Калибровка и валидация спутниковых данных с помощью наземных точек контроля значительно повышает их точность. Наземные данные, в свою очередь, обогащают результаты интерпретации спутниковых снимков, предоставляя информацию, которую невозможно получить из космоса (например, видовой состав растительного покрова, физико-химические характеристики почвенных выделов и др.).

2.3.3. Интеграция с геоинформационными системами (ГИС) и технологиями. Спутниковые данные становятся не просто базовой подложкой, а по сути – одним из тематических слоев в ГИС, где они могут быть координированы и объединены с топографическими картами, административными границами, социально-экономическими показателями, данными об инфраструктуре, экологическими характеристиками и другими необходимыми геопространственными данными и слоями. Это позволяет проводить полноценный комплексный пространственный анализ, моделирование сценариев возможного развития и поддержку принятия разнообразных управленческих решений [13; 14; 20; 21].

2.4. Платформы обработки Big Data (больших данных).

Масштабы и объемы современных архивов спутниковых данных (петабайты информации) требуют использования специализированных облачных геопространственных платформ, позволяющих отказаться от локального хранения данных и/или применения локальной вычислительной инфраструктуры.

2.4.1. Облачные платформы, такие как Google Earth Engine, Copernicus DIAS (Data and Information Access Services), Amazon Web Services (AWS) с геопространственными данными и инструментами для их обработки предоставляют доступ к огромным коллекциям (архивным и текущим) спутниковых изображений и своим мощным вычислительным ресурсам.

2.4.2. Платформы оперативной обработки и анализа позволяют выполнять сложные расчеты и анализы непосредственно в облаке, без необходимости загрузки больших объемов данных на локальные компьютеры. Это существенно ускоряет процессы обработки данных, делает их более доступными и масштабируемыми (что критически важно для создания и функционирования систем оперативного мониторинга).

2.4.3. Облачные платформы масштабируемых систем мониторинга, возможности которых позволяют разрабатывать и поддерживать системы, способны обрабатывать данные на национальном и глобальном уровнях, обеспечивая непрерывный и многолетний мониторинг [22].

3. Перспективы развития и предложения.

Будущее применения данных космического зондирования в региональном геоэкологическом анализе и мониторинге изменений ландшафтной структуры и природопользования многообещающе и связано с несколькими ключевыми направлениями.

3.1. Развитие сенсоров и платформ, предполагающее появление новых спутниковых группировок с еще более высоким пространственным, радиометрическим, спектральным и временным разрешением, развитие гиперспектральных и термоинфракрасных датчиков для более детального анализа структурных элементов и компонентов ландшафта и др.

3.2. Усовершенствование применяемых алгоритмов на основе расширения использования возможностей интернета вещей (англ. – Internet of Things (IoT)), искусственного интеллекта (ИИ, англ. – AI) и больших данных (Big Data). Дальнейшее развитие методов машинного (МО, англ. – ML) и его разновидности – глубокого обучения (ГО, англ. – DL) для автоматического распознавания объектов, предиктивного моделирования и создания «умных» систем мониторинга, помогающих выявлять скрытые закономерности.

3.3. Интеграция с IoT и Big Data, основанная на объединении спутниковых данных с информацией от наземных датчиков и других источников данных и применении Big Data для создания комплексных многоуровневых систем геоэкологического мониторинга в режиме реального времени.

3.4. Разработка стандартов и открытых данных, подчеркивающая важность стандартизации методов обработки и обмена данными, а также – расширение доступа к открытой спутниковой информации для широкого круга пользователей.

3.5. Проблемные вопросы включают преодоление имеющихся в настоящее время вычислительных ограничений, обеспечение точности и валидности результатов, учет этических аспектов использования данных и возможностей ИИ (AI), а также проблемы и перспективы подготовки квалифицированных кадров [23] и повышения их квалификации. Выбор конкретных ключевых компетенций для современных специалистов зависит от их роли и области применения. Например, специалист по данным (дата-сайентист, Data Scientist) будет больше фокусироваться на машинном обучении (ML), а инженер данных (Data Engineer) – на больших данных (Big Data) и облачных платформах. Однако наличие соответствующих компетенций и понимание всех анализируемых областей использования космического зондирования в региональном геоэкологическом анализе и мониторинге динамики ландшафтной структуры и природопользования будет являться для соотвествующих специалистов существенным конкурентным преимуществом.

Перспективы развития и применения технологий ДЗЗ в сочетании с передовыми аналитическими инструментами открывают новые возможности для создания еще более интеллектуальных, оперативных и прогностических систем экологического мониторинга [23]. Дальнейшие инвестиции в космические программы, разработку новых алгоритмов обработки данных, подготовку и переподготовку высококвалифицированных специалистов являются критически важными для обеспечения устойчивого регионального и государственного развития, сохранения природных ландшафтов и адаптации к глобальным климатическим, политическим, экономическим и социальным изменениям в интересах нынешнего и будущих поколений.

Результаты и их обсуждение

Проанализирован и систематизирован накопленный отечественный и мировой опыт использования ДЗЗ для выявления и оценки текущего и прогнозируемого состояния ландшафтов, динамики природопользования, антропогенных нагрузок, природных и техногенных рисков. Полученные результаты включают классификацию применяемых методов, алгоритмов, типов спутниковых данных (оптических, радиолокационных, лидарных) и анализ возможностей их применимости для решения различных геоэкологических задач.

Новые технологии ДЗЗ не просто улучшают существующие методы, но качественно меняют возможности регионального геоэкологического анализа и мониторинга. За повышение оперативности отвечают высокочастотные съемки, автоматизация обработки данных и облачные платформы. Повышение точности происходит за счет применения мультисенсорного подхода, гиперспектральных данных, детализации спутниковых данных сверхвысокого пространственного разрешения (0.3-0.5 м) и использования продвинутых алгоритмов их обработки и анализа. Немаловажно и повышение экономической эффективности: благодаря существенному сокращению объемов, сроков и стоимости полевых работ, оптимизации используемых ресурсов, большей доступности данных и предотвращению потенциального экономического и материального ущерба.

Получаемые результаты исследований значимы, широко применимы для специалистов в области экологии, природопользования, территориального планирования на муниципальном, региональном и государственном уровнях, геоинформатики, геодезии, разработки государственной и региональной политики в сфере охраны окружающей среды.

Для практиков – экологов и специалистов по природопользованию это:

– предоставление мощного инструментария проведения инвентаризации природных ресурсов, оценки биоразнообразия, мониторинга состояния экосистем, раннего выявления потенциальных экологических проблем (загрязнение сред географической оболочки, деградация почв и растительного покрова, опустынивание и др.), картирования ареалов биологических видов и среды их обитания;

– основа для разработки эффективных программ по сохранению природной среды, экологического баланса и биологического разнообразия, а также восстановлению деградировавших ландшафтов на разных территориальных и иерархических уровнях;

– инструмент для контроля за соблюдением природоохранного законодательства и оценки эффективности применяемых и планируемых природоохранных мероприятий.

Для специалистов в области территориального планирования муниципального, регионального и государственного уровня это:

– предоставление актуальной и достоверной пространственной информации для разработки генеральных планов, схем территориального планирования, зонирования территорий и др.;

– основа для принятия оперативных управленческих решений по устойчивому развитию объектов и территорий, рациональному размещению объектов инфраструктуры и др.

Для практиков – специалистов в области геоинформатики и геодезии это:

– источник актуальных данных о новейших приборах, программном обеспечении, методах обработки спутниковых изображений, алгоритмах классификации и анализа пространственных данных, что способствует развитию их профессиональных компетенций специалистов и пользователей;

– стимулирование разработки новых ГИС-продуктов и сервисов на основе ДЗЗ;

– обеспечение высокоточной картографической основой для планирования и осуществления различных проектов и исследований, использования органами государственной власти.

Заключение

Данные космического зондирования являются краеугольным камнем современных систем регионального геоэкологического мониторинга, анализа динамики ландшафтной структуры и природопользования. Постоянное развитие технологий ДЗЗ, совершенствование программного обеспечения и методов их обработки и анализа открывают новые горизонты для более точного, своевременного и проактивного управления природными ресурсами, минимизации антропогенных воздействий на окружающую среду. Будущее геоэкологического мониторинга неразрывно связано с дальнейшей интеграцией спутниковых данных с передовыми вычислительными технологиями и междисциплинарным подходом.

Список источников

1. Плякин А. В., Бодрова В. Н. Инфраструктура пространственных данных для оценки геоэкологического состояния территории региона // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. 2013. № 1(5). С. 59-66. EDN: RTPMDN

2. Попов М. А., Станкевич С. А., Марков С. Ю., Зайцев А. В., Кудашев Е. Б. Интеграция гетерогенной пространственной информации для решения задач поиска нефти и газа // Электронные библиотеки. 2013. Т. 16. № 2. С. 327-341.

3. ДЗЗ из космоса // Технологии. URL: https://class-cloud.ru/technology/sensing-space (дата обращения: 18.11.2025).

4. Татарников О. Эксперименты со спутниковыми снимками // Компьютер Пресс. 2007. № 8. С. 180-191.

5. Хабаров Д. А., Адиев Т. С., Попова О. О., Чугунов В. А., Кожевников В. А. Анализ современных технологий дистанционного зондирования Земли // Московский экономический журнал. 2019. № 1. С. 181-190. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-11068. EDN: SSENGX

6. Иванов М. А. Методические аспекты картографирования типов землепользования по данным космической съемки // География и регион. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2015. С. 203-208.

References

1. Plyakin AV, Bodrova VN. Spatial data infrastructure for regional geo-ecological assessment. *Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya 11: Estestvennye Nauki.* 2013(1(5):59-66. (In Russ). EDN: RTPMDN

2. Popov MA, Stankevich SA, Markov SYu, Zaitsev AV, et al. Integration of Heterogeneous spatial data in gas and oil prospecting. *Russian Digital Libraries Journal*. 2013;16(2):327-341. (In Russ)

3. Remote Sensing of the Earth from space. *Technologies.* URL: https://class-cloud.ru/technology/sensing-space (accessed 18.11.2025). (In Russ)

4. Tatarnikov O. Experiments with satellite images. *Computer Press.* 2007(8):180-191. (In Russ)

5. Khabarov DA, Adiev TS, Popova OO, Chugunov VA, et al. Analysis of modern technologies for remote sensing of the Earth. *Moscow Economic Journal*. 2019(1):181-190. (In Russ). DOI: 10.24411/2413-046X-2019-11068. EDN: SSENGX

6. Ivanov MA. Methodological aspects of land use mapping based on spaceborne imagery. *Geography and Region.* Perm: Perm State National Research University, 2015:203-208. (In Russ)

7. Беленко В. В. Анализ данных дистанционного зондирования (ДДЗ), применяемых для ландшафтно-экологического картографирования // Молодой ученый. 2009. № 10. С. 34-36. EDN: MTZZSF

8. Колесникова Е. И., Дорогова И. Е. Изучение геодинамики урбанизированных территорий с использованием сетей дифференциальных геодезических станций // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. Новосибирск: Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 2023. С. 60-67. DOI: 10.33764/2687-041X-2024-2-60-67. EDN: JYUNJF

9. Мансуров Д. А., Тесленок С. А. Возможности использования сервисов ИАС «Лесные пожары» и "FIRMS" для мониторинга лесных пожаров на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Современные проблемы экологии и наук о Земле: II Международная научно-практическая конференция, посвященная 180-летию основания Русского географического общества (Гомель, 26 сентября 2025 Г.). Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. С. 339-342.

10. Беленко В. В. Применение данных дистанционного зондирования для картографирования застраиваемых земель при проведении геоэкологической оценки: учебное пособие. М.: Спутник+, 2016. 119 с.

11. Спутниковый мониторинг и его влияние на изменение климата // Портал о навигации. URL: https://glonass-global.ru/articles/satellite-monitoring/satellite-monitoring-and-its-impact-on/ (дата обращения: 18.11.2025).

12. Дистанционное зондирование Земли // Зачем нужно дистанционное зондирование Земли. URL: https://spec.tass.ru/sfu-dzz/ (дата обращения: 18.11.2025).

13. Тесленок С. А., Тесленок К. С. Мониторинг антропогенных изменений степных ландшафтов на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий // Степи Северной Евразии VII. Оренбург: ИС УрО РАН. URL: https://orensteppe.org/content/monitoring-antropogennyh-izmeneniy-stepnyh-landshaftov-na-osnove-dannyh-distancionnogo?ysclid=mi6jyaigjq296048120/ (дата обращения: 18.11.2025).

14. Новикова Т. А., Тесленок С. А., Бочкарев В. А. Геоинформационные и смежные технологии в решении экологических проблем Среднего Приобья // LIII Огарёвские чтения: материалы научной конференции: в 3 ч. Ч. 2: Естественные науки. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2025. С. 184-191.

7. Belenko VV. Analysis of remote sensing data (RSD) used for landscape-ecological mapping. *Molodoy Ucheniy*. 2009(10):34-36. (In Russ). EDN: MTZZSF

8. Kolesnikova EI, Dorogova IE. Studying the geodynamics of urbanized areas with using networks of differential geodetic stations. *Regulirovanie Zemel'no-Imushchestvennykh Otnosheniy v Rossii: Pravovoe i Geoprostranstvennoe Obespechenie, Otsenka Nedvizhimosti, Ekologiya, Tekhnologicheskie Resheniya.* 2023:60-67. (In Russ). DOI: 10.33764/2687-041X-2024-2-60-67. EDN: JYUNJF

9. Mansurov DA, Teslenok SA. Possibilities of using the IAS "Forest Fires" and "FIRMS" services for monitoring forest fires in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. *Current Issues of Ecology and Earth Sciences: Second International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 180th Anniversary of the Russian Geographical Society Founding (Gomel, September 26, 2025).* Gomel: Francisk Skaryna Gomel State University, 2025:339-342. (In Russ)

10. Belenko VV. Using remote sensing data for mapping developed lands in geoecological assessment: A Tutorial. Moscow: Sputnik+, 2016:119. (In Russ)

11. Satellite monitoring and its impact on climate change. *Navigation Portal*. URL: https://glonass-global.ru/articles/satellite-monitoring/satellite-monitoring-and-its-impact-on/ (accessed 18.11.2025). (In Russ).

12. Remote sensing of the Earth. *Why Remote Sensing of the Earth is Needed*. URL: https://spec.tass.ru/sfu-dzz/ (accessed 18.11.2025). (In Russ)

13. Teslenok SA, Teslenok KS. Monitoring anthropogenic changes in steppe landscapes based on remote sensing data and GIS technologies. *Steppes of Northern Eurasia VII. Orenburg: IS UB RAS.* URL: https://orensteppe.org/content/monitoring-antropogennyh-izmeneniy-stepnyh-landshaftov-na-osnove-dannyh-distancionnogo?ysclid=mi6jyaigjq296048120/ (accessed 18.11.2025). (In Russ)

14. Novikova TA, Teslenok SA, Bochkarev VA. Geoinformation and related technologies in solving environmental problems of the Middle Ob region. *LIII Ogarev Readings: Materials of the Scientific Conference: in 3 parts. Part 2: Natural Sciences.* Saransk: Mordov University Publ., 2025:184-191. (In Russ)

15. Kartashev AG. Methods of monitoring and optimizing the state of the environment: Tutorial. Tomsk: Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 2023:142. (In Russ)

15. Карташев А. Г. Методы контроля и оптимизации состояния окружающей среды: учебное пособие. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2023. 142 с.

16. Автоматизированное дешифрирование аэрокосмических снимков. URL: https://bigenc.ru/c/avtomatizirovannoe-deshifrirovanie-aerokosmicheskikh-snimkov-d82d4e1 (дата обращения: 18.11.2025).

17. Лобанова Л. С. Классификация спутниковых снимков как один из методов автоматизированного дешифрирования // Modern Science. 2022. № 6-4. С. 205-208. EDN: KQDPIU

18. Дистанционное зондирование Земли // Анализ временных рядов: полное руководство для начинающих. URL: https://habr.com/ru/companies/skillfactory/articles/860660/ (дата обращения: 10.10.2025).

19. Воробьев О. Н., Курбанов Э. А, Демишева Е. Н., Меньшиков С. А., Смирнова Л. Н. Алгоритм определения фенологических характеристик лесного покрова на основе временных рядов спутниковых данных // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2019. № 1(41). С. 5-20. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.5. EDN: ZHDKSD

20. Технологии слияния сенсорной информации для управления в критических ситуациях. URL: https://controleng.ru/teoriya/sliyaniye-sensornoj-informatsii/?link=1 (дата обращения: 18.11.2025).

21. Использование компьютерного зрения для анализа спутниковых изображений. URL: https://www.ultralytics.com/ru/blog/using-computer-vision-to-analyze-satellite-imagery (дата обращения: 18.11.2025).

22. Earth Engine от Google — уникальная платформа для анализа больших геоданных. URL: https://habr.com/ru/articles/500020/ (дата обращения: 18.11.2025).

23. Лотов К. И. Основные направления, актуальность и перспективы развития систем дистанционного зондирования // Вестник науки. 2025. № 1(41). Т. 3. С. 1080-1091.

16. Automated interpretation of aerospace images. URL: https://bigenc.ru/c/avtomatizirovannoe-deshifrirovanie-aerokosmicheskikh-snimkov-d82d4e1 (accessed 18.11.2025). (In Russ)

17. Lobanova LS. Classification of satellite images as one of the automated interpretation methods. *Modern Science.* 2022(6-4):205-208. (In Russ). EDN: KQDPIU

18. Remote sensing of the Earth. *Time Series Analysis: A Complete Guide for Beginners*. URL: https://habr.com/ru/companies/skillfactory/articles/860660/ (accessed 10.10.2025). (In Russ)

19. Vorobev ON, Kurbanov EA, Demisheva EN, Menshikov SA, et al. Algorithm for reviling the phenological parameters of forest cover on the base of time series of satellite data. *Vesting of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management.* 2019(1(41):5-20. (In Russ). DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.5. EDN: ZHDKSD

20. Sensory information fusion technologies for critical situation management. URL: https://controleng.ru/teoriya/sliyaniye-sensornoj-informatsii/?link=1 (accessed 18.11.2025). (In Russ)

21. Using computer vision to analyze satellite images. URL: https://www.ultralytics.com/ru/blog/using-computer-vision-to-analyze-satellite-imagery (accessed 18.11.2025). (In Russ)

22. Earth Engine from Google is a unique platform for analyzing big geodata. URL: https://habr.com/ru/articles/500020/ (accessed 18.11.2025). (In Russ)

23. Lotov KI. Main directions, relevance and prospects for the development of remote sensing systems. *Vestnik Nauki*. 2025(1(41);3:1080-1091. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Колесникова Екатерина Игоревна, аспирант, Высшая экологическая школа, Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия, kolesnikova.ekaterina_11b_klass@mail.ru, https://orcid.org/0009-0007-6980-5500

Тесленок Сергей Адамович, кандидат географических наук, доцент Высшей экологической школы, Югорский государственный университет,

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Affiliation

Ekaterina I. Kolesnikova, Ph.D. student, Higher Ecological School, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, kolesnikova.ekaterina_11b_klass@mail.ru, https://orcid.org/0009-0007-6980-5500

Sergey A. Teslenok, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Higher Ecological School, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia; Associate Professor, Department of Physical and Social-

Ханты-Мансийск, Россия; доцент кафедры физической и социально-экономической географии, институт геоинформационных технологий и географии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, teslserg@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-6691-3724

Калашникова Лариса Геннадьевна, кандидат географических наук, заведующий кафедрой геодезии, картографии и геоинформатики, институт геоинформационных технологий и географии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, lar_ka73@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1905-635X

Лебедев Эдуард Андреевич, аспирант, Высшая экологическая школа, Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия, eduard_lebedev1999@mail.ru, https://orcid.org/0009-0007-4280-3652

Критерии авторства

Колесникова Е. И. – разработка методологии, сбор, анализ и систематизация аналитической информации; Тесленок С. А. – постановка цели и задач исследования, разработка методологии; разработка концепции и структуры статьи, редакторская правка; Калашникова Л. Г. – постановка цели и задач исследования, оформление рукописи и библиографии; Лебедев Э. А. – сбор, анализ и систематизация аналитической информации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 18.11.2025
Одобрена после рецензирования 02.12.2025
Принята к публикации 23.12.2025

Economic Geography, Institute of Geoinformation Technologies and Geography, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, teslserg@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-6691-3724

Larisa G. Kalashnikova, Ph.D. (Geography), Head of the Department of Geodesy, Cartography and Geoinformatics, Institute of Geoinformation Technologies and Geography, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, lar_ka73@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1905-635X

Eduard A. Lebedev, Ph.D. student, Higher Ecological School, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, eduard_lebedev1999@mail.ru, https://orcid.org/0009-0007-4280-3652

Contribution of the authors

Kolesnikova E. I. – development of methodology, collection, analysis and systematization of analytical information; Teslenok S. A. – setting aims and objectives of the research, development of methodology, development of the paper concept and structure, editorial editing; Kalashnikova L. G. – setting aims and objectives of the research, design of the manuscript and references; Lebedev E. A. – collection, analysis and systematization of analytical information.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 18.11.2025
Approved after reviewing 02.12.2025
Accepted for publication 23.12.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 379.85
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-74-81
EDN: TQPNXQ

Трансрегиональные процессы и перспективы пространственного развития Приазовья

© 2025 **Кушнир К. В.**✉
Южный федеральный университет
Ростов-на-Дону, Россия, labtourism@yandex.ru✉

РЕЗЮМЕ. Цель исследования заключается в предложении модели межрегионального и межмуниципального взаимодействия для территорий побережья Азовского моря, объединяющего шесть субъектов Российской Федерации. Ключевой задачей является проектирование механизмов интеграции существующего социально-экономического потенциала для формирования единого экономического пространства. **Материалы и методы.** В качестве основных методов в работе использованы пространственный анализ, сравнительно-географический и системный подходы. Исследование базируется на анализе стратегических документов пространственного развития и оценке актуального туристско-рекреационного и экономического потенциала Приазовского региона. В современных геополитических условиях Приазовье приобретает стратегический статус, который создает необходимость интеграции сельскохозяйственной, промышленной и рекреационной специализаций региона. Несмотря на конкурентное давление со стороны более развитого Черноморского побережья, Приазовье обладает значительными ресурсами для развития, благоприятным географическим положением, уникальным сочетанием природно-лечебных факторов и объектов культурного наследия. Многолетние исследования автора подтверждают тезис о том, что преодоление существующей пространственной поляризации и реализация конкурентных преимуществ региона возможны лишь на основе кооперационной модели. **Результаты.** На основе проведенного анализа автором разработан и структурирован комплекс трансрегиональных проектов, адаптированных под экономический профиль Приазовья. Сформулированы конкретные направления кооперации в агропромышленном секторе, промышленности и туристско-рекреационной сфере, нацеленные на создание кластеров межрегионального значения. **Выводы**. В условиях активного процесса, ориентированного на социально-экономического развитие Северного и Западного Приазовья, формирование устойчивых межтерриториальных связей представляется ключевым направлением. Предложенная модель кооперации направлена на снижение растущей антропогенной нагрузки на прибрежные экосистемы, обеспечение единства подходов к освоению территории и её интеграцию в единое социально-экономическое и рекреационное пространство в соответствии со «Стратегией пространственного развития».

Ключевые слова: Приазовье, трансрегиональные процессы, туристское пространство, межрегиональный потенциал, кооперация, стратегия пространственного развития.

Формат цитирования: Кушнир К. В. Трансрегиональные процессы и перспективы пространственного развития Приазовья // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 4. С. 74-81. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-74-81. EDN: TQPNXQ

Transregional Processes and Prospects for Spatial Development of the Azov Sea Region

Ksenya V. Kushnir✉
Southern Federal University
Rostov-on-Don, Russia, labtourism@yandex.ru✉

ABSTRACT. The **aim** of the research is to propose a model of cross-regional cooperation for the territories of the Azov Sea coast, which encompass six federal subjects of the Russian Federation. The key task is to design mechanisms for integrating the existing socio-economic potential in order to form a unified economic

space. **Materials and methods**. The primary methods used in the research include spatial analysis, comparative geographic approaches and systems approaches. The research is based on an analysis of strategic spatial development documents and an assessment of the current tourism, recreational and economic potential of the Azov Sea Region. In today's geopolitical context, the Azov Sea Region is acquiring strategic status, necessitating the integration of its agricultural, industrial and recreational specializations. Despite competitive pressure from the more developed Black Sea coast, the Azov Sea Region possesses significant resources for development, including a favorable geographic location and a unique combination of natural and therapeutic factors and cultural heritage sites. The author's extensive research confirms that overcoming existing spatial polarization and realizing the region's competitive advantages is only possible through a cooperative model. The author's long-term research supports the thesis that overcoming existing spatial polarization and realizing the region's competitive advantages is possible only within a cooperative model. **Results**. On the basis of the conducted analysis, a set of transregional projects tailored to the economic profile of the Azov Sea Region has been developed and systematized. Specific areas for cooperation in the agro-industrial sector, manufacturing and the tourist-recreational sphere have been identified, aimed at forming clusters of interregional importance. **Conclusions.** In the context of the active process aimed at the socio-economic development of the Northern and Western Azov Sea regions, the development of sustainable inter-territorial ties is a key focus. The proposed cooperation model aims to reduce the growing anthropogenic pressure on coastal ecosystems, ensure a unified approach to territorial development and integrate it into a unified socio-economic and recreational space in accordance with "Spatial Development Strategy".

Keywords: Azov Sea Region, transregional processes, tourism space, cross-regional potential, cooperation, spatial development strategy.

For citation: Kushnir KV. Transregional Processes and Prospects for Spatial Development of the Azov Sea Region. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2025;19(4):74-81. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-74-81. EDN: TQPNXQ

Введение

Побережье Азовского моря представляет собой геостратегически значимую территорию Российской Федерации: около 80 % его береговой зоны расположено в пределах регионов, обладающих особым статусом с точки зрения национальной безопасности и пространственного развития – Республики Крым, Херсонской и Запорожской областей, Донецкой Народной Республики, а также отдельных муниципальных образований Ростовской области и Краснодарского края.

В конце 2024 г. утверждена Стратегия пространственного развития Российской Федерации до 2030 года с прогнозом до 2036 года (далее – Стратегия) [1]. Согласно её положениям, к 2028 г. в Приазовском регионе планируется формирование единого экономического пространства, направленного на интеграцию региональных ресурсов в систему достижения национальных целей при условии их рационального и эффективного использования.

Когда акватория Азовского моря получила статус внутреннего морского пространства Российской Федерации, появилась необходимость выработки единого подхода к пространственному планированию береговых территорий Приазовья. Сегодня его территории – межрегиональный ареал, требующий применения современных инструментов территориального планирования для обеспечения синергии природного и культурного потенциала, инфраструктурной взаимосвязанности и скоординированного функционирования хозяйственного комплекса.

Материалы и методы исследования

Эмпирической базой исследования служат стратегические документы пространственного развития, статистические данные о туристско-рекреационном и социально-экономическом потенциале Приазовского макрорегиона, а также результаты многолетних авторских полевых и камеральных исследований. В качестве основных методов использованы пространственный анализ, сравнительно-географический и системный подходы.

Результаты и их обсуждение

В административном отношении межрегиональное пространство Приазовья включает шесть субъектов Российской Федерации: Республику Крым, Херсонскую и Запорожскую области, Донецкую Народную Республику (ДНР), Ростовскую область и Краснодарский край. На побережье Азовского моря расположены 21 муниципальный район и 6 городских округов (с учётом административно-территориаль-

ного устройства новых регионов, установленного указами Президента РФ от марта 2023 г.).

Общность климатических условий и природно-ландшафтных характеристик определяет преобладающую аграрно-промышленную специализацию всех прибрежных районов. При этом 14 из 21 района также развивают туристскую деятельность. Уровень туристской привлекательности в значительной степени обусловлен качеством береговой зоны. Рекреационным потенциалом обладают территории с низкими берегами, песчаные косы и мелководные отмели. Среди наиболее значимых форм – Арабатская коса (>100 км), Федотова коса, Белосарайская коса, Обиточная коса, Ейская и Должанская косы. Остальная территория Приазовья характеризуется преобладанием лиманно-плавневых ландшафтов, а также участками с активными абразионными процессами (свыше 300 км). В результате сложилась выраженная поляризация рекреационного освоения: с одной стороны – локусы высокой антропогенной нагрузки, с другой – территориальные ресурсы, не вовлечённые в туристско-рекреационное освоение. Ранее автором были предложены направления рационального и экологически устойчивого включения поляризованных ландшафтов в структуру туристско-рекреационного комплекса [2, с. 561-565], а также функциональные модели межмуниципального взаимодействия для консолидированного развития Восточного и Южного Приазовья на основе принципов межрегиональной кооперации [2-4].

Современный этап государственной пространственной политики характеризуется переходом к полимасштабному подходу, предусматривающему усиление роли муниципальных территорий в реализации стратегических задач [5, с. 36-45]. Это создаёт предпосылки для синхронизации межрегионального потенциала Приазовья с целью комплексного развития народнохозяйственного комплекса и стимулирования межтерриториальных социально-экономических связей.

Одним из ключевых институциональных решений Стратегии стало выделение опорных населённых пунктов (далее ОНП) – территорий приоритетной концентрации ресурсов и центров межмуниципального обслуживания для прилегающих сельских районов [1]. Перечень из 2160 таких населённых пунктов был утверждён в феврале 2025 г. [6].

В муниципальных образованиях, имеющих выход к побережью Азовского моря, в рамках утверждённого перечня ОНП выделено 28 таких территорий [1; 6]. Их пространственное распределение по региону представлено на рисунке 1.

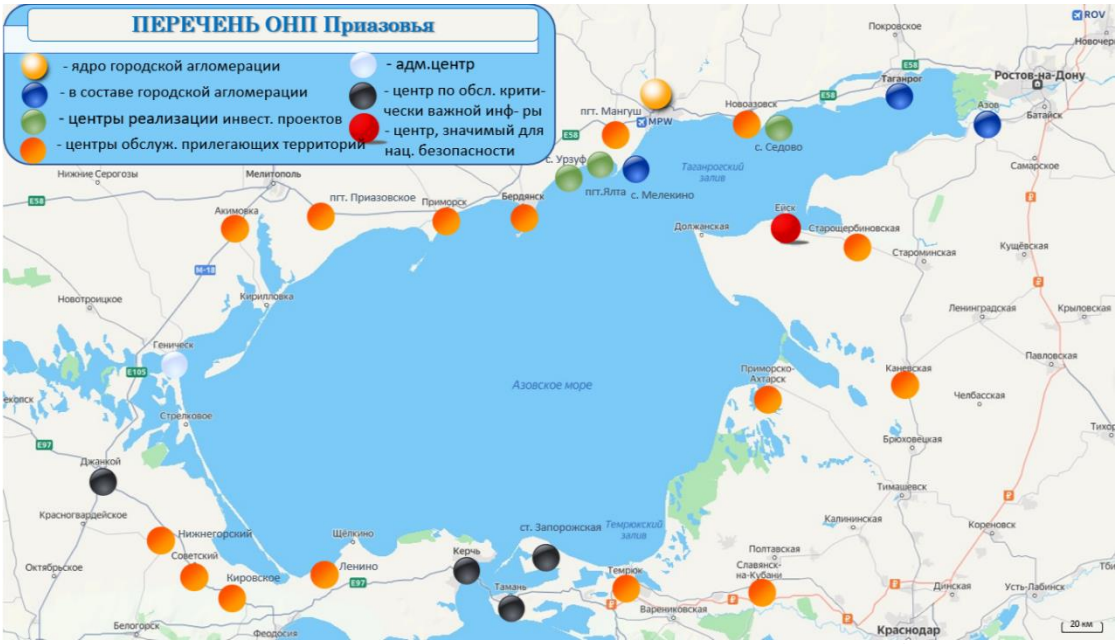


Рис.1. **Опорные населенные пункты Приазовья и их классификация (составлено автором по [1])**

Fig. 1. Key settlements of the Azov Sea Region and their classification (compiled by the author based on [6])

На прибрежных территориях ДНР локализовано 7 ОНП. Среди них:

– г. Мариуполь, обладающий статусом ядра городской администрации;

– с. Мелекино, включённое в состав городской агломерации;

– с. Урзуф, посёлки городского типа Ялта и Седово, где реализуются новые инвестиционные проекты в сфере инфраструктуры и экономики;

– г. Новоазовск и посёлок городского типа Мангуш, выполняющие функции центров обслуживания прилегающих сельских территорий. В данных населённых пунктах сосредоточены учреждения здравоохранения, образования (включая высшие учебные заведения), а также объекты культурной инфраструктуры.

Согласно положениям Стратегии пространственного развития Российской Федерации до 2030 года с прогнозом до 2036 года, на базе этих ОНП предусматривается дальнейшее развитие и модернизация коммунальной и социальной инфраструктуры с целью повышения привлекательности для квалифицированных кадров, совершенствование транспортной доступности и укрепление межрегиональных экономических связей [1].

В общей сложности на территории всех муниципальных образований ДНР выделено 34 опорных населённых пункта, что подчёркивает стратегическую значимость региона в контексте формирования нового пространственного каркаса развития Юга России и Приазовья.

В Запорожской области в рамках утверждённого перечня опорных населённых пунктов (ОНП) выделено 14 территорий, из которых 4 расположены в муниципальных образованиях, имеющих выход к побережью Азовского моря. К ним относятся посёлки городского типа Акимовка и Приазовское, а также гг. Бердянск и Приморск. Все указанные населённые пункты выполняют функции центров обслуживания прилегающих территорий и располагают развитой социальной инфраструктурой, включая учреждения здравоохранения, образования и культуры.

В Херсонской области определено 22 ОНП, в число которых входит г. Геническ – административный центр Генического района, расположенный на побережье Азовского моря. Населённый пункт играет ключевую роль в обеспечении социально-экономической устойчивости прибрежной зоны региона.

На территории Республики Крым, в районах, выходящих на побережье Азовского моря, выделено 6 ОНП. Среди них гг. Джанкой и Керчь обладают статусом центров обслуживания критически важной инфраструктуры. Посёлки городского типа Кировское, Ленино, Советский и Нижнегорский выполняют функции центров обслуживания прилегающих сельских территорий, обеспечивая доступ к базовым социальным и коммунальным услугам.

В шести муниципальных районах Краснодарского края, прилегающих к Азовскому морю, обозначено 8 ОНП. Из них 5 – гг. Темрюк, Приморско-Ахтарск, Славянск-на-Кубани, а также станицы Старощербиновская и Каневская – выступают центрами обслуживания прилегающих территорий.

Город Ейск наделён особым статусом как центр, имеющий стратегическое значение для национальной безопасности. Он представляет собой важный транспортный узел, обеспечивающий связь внутренних регионов Юга России с морскими коммуникациями, а также способствующий контролю над прибрежной зоной и морскими торговыми маршрутами. Его географическое положение в непосредственной близости от Крымского полуострова и Черноморского региона – ключевых зон национальных интересов Российской Федерации — придаёт ему дополнительную геополитическую значимость.

Станицы Тамань и Запорожская определены в качестве центров обслуживания критически важной инфраструктуры в связи с их близостью к морскому порту «Кавказ». На территории порта реализуются масштабные инвестиционные проекты, направленные на развитие грузовых терминалов, увеличение грузооборота, а также обеспечение транспортной и экологической безопасности.

Ростовская область представлена на побережье Таганрогского залива Азовского моря двумя муниципальными районами и двумя городскими округами – гг. Азов и Таганрог. В рамках утверждённого перечня ОНП в составе Ростовской городской агломерации выделено два ОНП, расположенных именно в этих городах.

Азов и Таганрог играют значимую роль в территориальной организации экономики и социально-культурного развития Приазовского региона. Оба города выполняют функции межмуниципальных центров обслуживания, обеспечивая прилегающие территории инфраструктурной, образовательной, медицинской и социальной поддержкой.

Согласно положениям Стратегии пространственного развития Российской Федерации до 2030 года с прогнозом до 2036 года, особое внимание уделяется их роли в развитии транспортно-логистической системы региона. Морские порты Азова и Таганрога выступают ключевыми узлами в маршрутах внутренних и международных грузопотоков, способствуя интеграции юга России в глобальные транспортные и торговые коридоры. Это обусловливает их стратегическое значение не только на региональном, но и федеральном уровне.

При развитии инициатив межрегионального сотрудничества регионов Приазовья необходимо рассматривать возможность кооперации между выделенными ОНП как стратегически значимыми центрами, обладающими определённым инвестиционным потенциалом. В соответствии с положениями Стратегии ключевым элементом пространственного развития региона выступает формирование трансрегиональных проектов (ТРП) и объединений (ТРО) в профильных секторах – промышленности, сельском хозяйстве и туристской индустрии. Организационная модель и структура таких объединений должны быть построены по принципу трансрегиональных корпораций (ТРК) с разветвленной сетью филиалов и централизованным управлением ресурсами в пределах Приазовья.

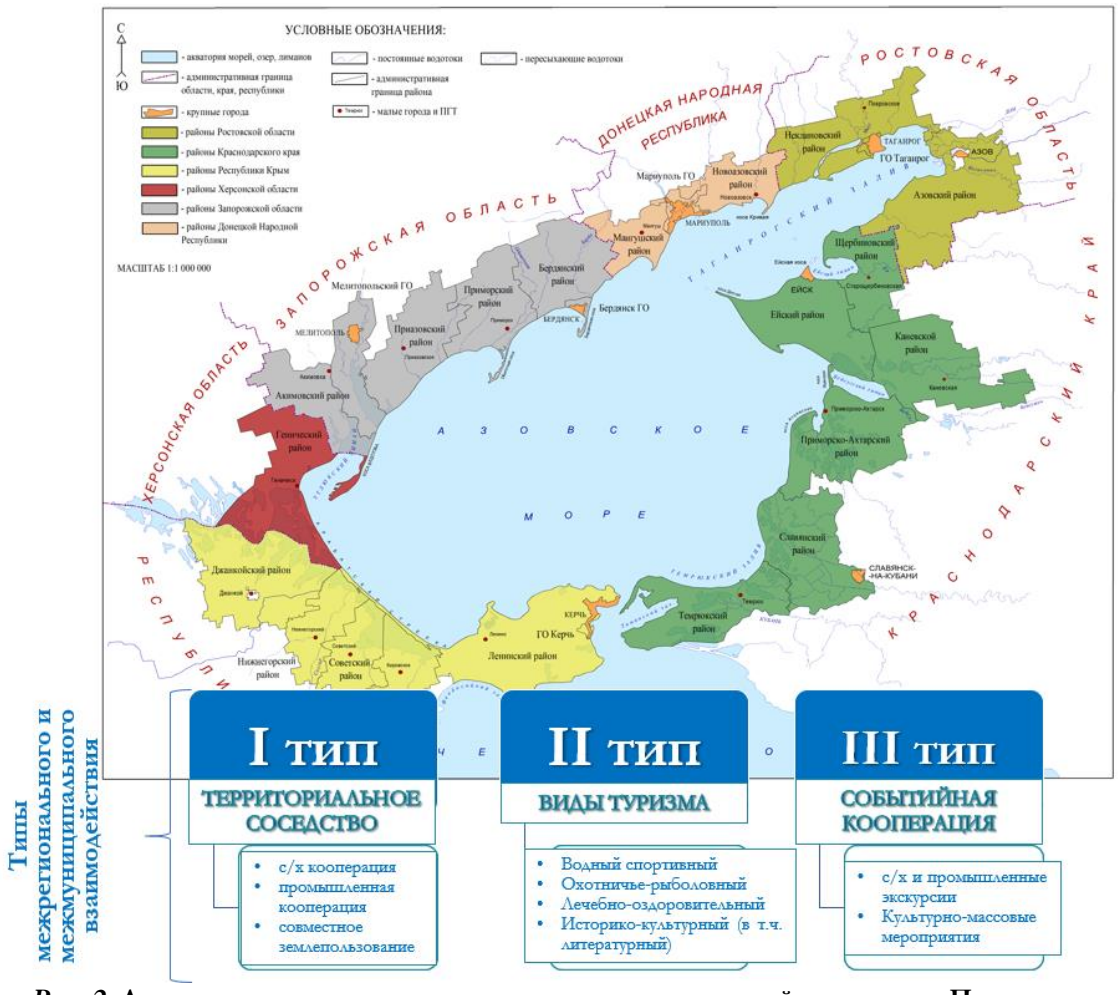


Рис. 2. **Административная структура и межрегиональный потенциал Приазовья (составлено автором)**

Fig. 2. Administrative structure and cross-regional potential of the Azov Sea Region (compiled by the author)

Автором предложен проект межрегиональной кооперации, охватывающий три направления (промышленность, сельское хозяйство и туристско-рекреационный комплекс), который базируется на принципах трёх типов взаимодействия: территориального соседства, туристской интеграции и событийной кооперации. Реализация данного проекта возможна в формате трансрегиональных объединений, обеспечивающих эффективное сотрудничество и синергию между муниципалитетами региона.

На рисунке 2 приведена карта-схема с проектом кооперативного взаимодействия в трех проекциях.

Повышение экономической устойчивости Приазовского макрорегиона связано с необходимостью перехода от изолированного развития административных территорий к формированию интегрированных трансрегиональных кластеров. Данный подход предполагает пространственную и экономическую консолидацию предприятий на основе территориальной близости и синергетического эффекта. Реализация данной модели возможна по трем ключевым направлениям.

1. Агропромышленная и промышленная кластеризация. В настоящее время в регионе, несмотря на наличие локальных кластеров (например, зерновой в Запорожской области, многоотраслевые в Ростовской области), преобладает внутрирегиональный формат сотрудничества. Агропромышленный профиль Северного Приазовья, характеризующийся выращиванием зерновых, масличных культур, овощей и развитым животноводством, а также наличие мощной перерабатывающей промышленности (мясокомбинаты, сырзаводы, консервные заводы) создает объективные предпосылки для формирования более крупных объединений.

В ходе проведенного анализа в качестве перспективных определены рыбопромышленный, аквакультурный, овощеводческий, бахчевой, машиностроительный, индустриальный и логистико-перерабатывающий кластеры.

Рыбопромышленный и аквакультурный предполагает интеграцию предприятий, специализирующихся на добыче, выращивании и глубокой переработке водных биоресурсов.

Овощеводческий и бахчевой предусматривает объединение производителей томатов, лука, арбузов и дынь из муниципалитетов с благоприятными почвенно-климатическими условиями (Генический, Акимовский, Мангушский и др.) для создания единой системы хранения, логистики и переработки.

Машиностроительный и индустриальный ориентирован на кооперацию предприятий машиностроения, металлообработки и производства стройматериалов Ростовской, Запорожской областей, Краснодарского края.

В рамках логистико-перерабатывающего необходимо создание межмуниципальных логистических хабов и мощностей для минимизации издержек и интеграции мелких сельхозпроизводителей в устойчивые цепочки создания стоимости.

2. Освоение туристского потенциала Приазовья на основе межрегиональной кооперации. Развитие регионального туристско-рекреационного комплекса требует выхода за рамки локальных инициатив. Наиболее эффективным представляется продвижение специализированных туристских продуктов. Развитие специализированных видов туризма предполагает развитие яхтинга, виндсерфинга, организованного охотничье-рыболовного туризма, лечебно-оздоровительных программ с одновременным использованием ресурсов разных территорий побережья.

Культурно-познавательный туризм в Приазовье располагает потенциалом для создания совместных исторических, археологических и литературных маршрутов, комплексно раскрывающих историко-культурное наследие региона.

Инфраструктурные проекты связаны с реализацией кольцевого автомобильного маршрута «Приазовское кольцо», позиционирующего регион как единую экосистему для туризма выходного дня. Это находит отражение в «Стратегии развития Приазовья до 2040 г.» [7-12], где заложено создание 19 тематических туристских кластеров.

3. Событийная кооперация как инструмент формирования имиджа региона. Третье направление нацелено на создание положительного имиджа Приазовья и привлечение целевых аудиторий (туристов, инвесторов). Для организации MICE-мероприятий региону сегодня требуются современные масштабные конгресс-площади.

Заключение

Все муниципальные территории, расположенные на берегах Азовского моря, обладают ключевыми опорными населенными пунктами и фактически представляют собой «геостратегические муниципальные образования». Осознание взаимосвязей и взаимозависимостей между различными муниципальными территориями Приазовья, а также необходимости применения методологии поляризованной биосферы [2, с. 561-565] обеспечивает достижение оптимального баланса в условиях растущей антропогенной нагрузки, особенно в контексте активного развития северной и западной зон Приазовья. Такой подход коррелирует с целями Стратегии развития Приазовья до 2040 г., предусматривающей масштабное экологическое восстановление территорий северо-западного побережья Азовского моря.

Аналитический обзор агропромышленного и промышленного секторов подчеркивает актуальность формирования специализированных кластеров «Северное», «Восточное», «Южное» и «Западное» Приазовье. Особое значение приобретают механизмы межмуниципального взаимодействия между шестью регионами Приазовья, поскольку только при условии интегрированного подхода и сотрудничества на межрегиональном и межмуниципальном уровнях становится возможна эффективная реализация стратегических инициатив, закрепленных в Стратегии пространственного развития и Стратегии развития Приазовья. В контексте развития индустрии туризма Приазовья его межрегиональный характер имеет принципиальное значение.

В качестве приоритетной целевой аудитории следует выделить жителей шести регионов, которые могут выступать в роли рекреантов, экскурсантов и туристов в рамках экскурсионных маршрутов, однодневных туров и многодневных комбинированных программ с использованием различных видов туризма.

Список источников

1. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года. URL: http://government.ru/docs/all/157308/ (дата обращения: 08.01.2025).

2. Кушнир К. В. Пространственная организация поляризованных ландшафтов Российского Приазовья // Тенденции пространственного развития современной России и приоритеты его регулирования: материалы Международной научной конференции (XIII Ежегодная научная Ассамблея АРГО) (Тюмень, 12-17 сентября 2022 г.). Тюмень, 2022. С. 561-565.

3. Кушнир К. В. Вопросы развития специализированных видов туризма с позиции межрегионального сотрудничества (на примере Российского Приазовья) // Сервис в России и за рубежом. 2022. № 4(101). Т. 16. С. 145-154. DOI: 10.5281/zenodo.7089573. EDN: GSCQLC

4. Kushnir KV. Cross-regional itineraries as a way of territory cooperation: European and Russian experiences // Сервис в России и за рубежом. 2021(3(95);15:37-50. DOI: 10.24412/1995-042X-2021-3-37-50. EDN: AWJDVM

5. Кузнецова О. А., Дружинин А. Г. К новой стратегии пространственного развития России // Проблемы прогнозирования. 2024. № 4(205). С. 36-45. DOI: 10.47711/0868-6351-205-36-45. EDN: VVXHSP

6. Единый перечень опорных населенных пунктов Российской Федерации. URL:

References

1. Strategy for Spatial Development of the Russian Federation through 2030 with a Forecast to 2036. URL: http://government.ru/docs/all/157308/ (accessed 08.01.2025). (In Russ)

2. Kushnir KV. Spatial organization of polarized landscapes of the Russian Azov Sea Region. *Trends in Spatial Development of Modern Russia and Priorities for Its Regulation: Proceedings of the International Scientific Conference (13th Annual Scientific Assembly of ARSG) (Tyumen, September 12-17, 2022).* Tyumen. 2022:561-565. (In Russ)

3. Kushnir KV. Specialized types of tourism as a project for cross-regional cooperation in the Russian Azov Sea Coast. *Services in Russia and Abroad.* 2022(4(101);16:145-154. (In Russ). DOI: 10.5281/zenodo.7089573. EDN: GSCQLC

4. Kushnir KV. Cross-regional itineraries as a way of territory cooperation: European and Russian experiences. *Services in Russia and Abroad.* 2021(3(95);15:37-50. DOI: 10.24412/1995-042X-2021-3-37-50. EDN: AWJDVM

5. Kuznetsova OV, Druzhinin AG. On a spatial development strategy for Russia. *Studies on Russian Economic Development.* 2024(4(205):36-45. (In Russ). DOI: 10.47711/0868-6351-205-36-45. EDN: VVXHSP

6. Unified list of key populated areas of the Russian Federation. URL: https://economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/strate-

https://economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/strategicheskoe_planirovanie_prostranstvennogo_razvitiya/strategiya_prostranstvennogo_razvitiya_rossii_do_2030_goda_c_prognozom_do_2036_goda/edinyy_perechen_opornyh_naselennyh_punktov_rf/ (дата обращения: 06.08.2025).

7. Инвестиционный портал Республики Крым. URL: https://invest-in-crimea.ru (дата обращения: 21.07.2025).

8. Инвестиционный портал Краснодарского края. URL: https://investkuban.ru (дата обращения: 21.07.2025).

9. Инвестиционный портал Ростовской области. URL: https://invest-don.ru/ru/ (дата обращения: 21.07.2025).

10. Официальный сайт Правительства Запорожской области. URL: https://zo.gov.ru/ (дата обращения: 21.07.2025).

11. Официальный сайт Правительства Херсонской области. URL: https://gov.khogov.ru (дата обращения: 21.07.2025).

12. Официальный сайт Правительства Донецкой Народной Республики. URL: https://gov-dpr.ru/ (дата обращения: 21.07.2025).

gicheskoe_planirovanie_prostranstvennogo_razvitiya/strategiya_prostranstvennogo_razvitiya_rossii_do_2030_goda_c_prognozom_do_2036_goda/edinyy_perechen_opornyh_naselennyh_punktov_rf/ (accessed 06.08.2025). (In Russ)

7. Investment portal of the Republic of Crimea. URL: https://invest-in-crimea.ru (accessed 21.07.2025). (In Russ)

8. Investment portal of the Krasnodar Territory. URL: https://investkuban.ru (accessed 21.07.2025). (In Russ)

9. Investment portal of the Rostov Region. URL: https://invest-don.ru/ru/ (accessed 21.07.2025). (In Russ)

10. Official website of the Government of the Zaporizhia Region. URL: https://zo.gov.ru/ (accessed 21.07.2025). (In Russ)

11. Official website of the Government of the Kherson Region. URL: https://gov.khogov.ru (accessed 21.07.2025). (In Russ)

12. Official website of the Government of the Donetsk People's Republic. URL: https://gov-dpr.ru/ (accessed 21.07.2025). (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Кушнир Ксения Владимировна, кандидат географических наук, институт туризма, сервиса и креативных индустрий, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия, labtourism@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-3210-9820

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Affiliation

Ksenya V. Kushnir, Ph.D. (Geography), Institute of Tourism, Service and Creative Industries, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia, labtourism@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-3210-9820

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 31.08.2025
Одобрена после рецензирования 16.12.2025
Принята к публикации 23.12.2025

The article was submitted 31.08.2025
Approved after reviewing 16.12.2025
Accepted for publication 23.12.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 504.054
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-82-99
EDN: VXHZOQ

Методологические аспекты изучения устойчивости городских почв к воздействию природных и хозяйственных факторов (на примере городов Изобильного и Невинномысска)

©2025Паташова Е. С., Скрипчинская Е. А.✉
Северо-Кавказский Федеральный университет
Ставрополь, Россия, patashova.elizaveta@yandex.ru, gerdtea@yandex.ru✉

РЕЗЮМЕ. Исследование направлено на разработку и апробацию методологического подхода к изучению устойчивости городских почв к совокупному воздействию природных и хозяйственных факторов на примере муниципальных территорий Ставропольского края (гг. Изобильный и Невинномысск), основанного на интеграции эколого-геохимических, картографических и геоинформационных методов анализа, позволяющих выявить пространственные закономерности формирования почвенного загрязнения. **Цель** – выявление взаимосвязей между накоплением тяжелых металлов в почвах и пространственным расположением природно-хозяйственных объектов на основе комплексного методологического подхода, включающего эколого-геохимический анализ, пространственное картографирование факторов среды и ГИС-интерпретацию результатов. **Материал и методы.** Методология базируется на анализе эколого-геохимических данных с применением методов сплошного сетевого геохимического опробования, рентгенофлуоресцентной спектрометрии, сравнительного анализа статистических показателей и геоинформационного картографирования. **Результаты.** Установлены значительные различия в накоплении поллютантов между исследуемыми объектами: в г. Изобильном преобладает умеренное загрязнение цинком и кадмием, тогда как в г. Невинномысске отмечены повышенные уровни загрязнения с максимальной концентрацией цинка в промышленных зонах. Выявлена ключевая роль стабилизирующих элементов (зеленые насаждения, водоемы) и природно-территориальных условий (рельеф, ветровой режим) в формировании устойчивости городских экосистем. Полученные результаты интерпретированы в рамках предложенного методологического подхода, предусматривающего сопоставление геохимических показателей загрязнения с пространственной структурой природных и хозяйственных факторов городской среды. **Выводы.** Полученная данные создают научную основу для разработки стратегий экологически ориентированного территориального планирования и управления устойчивостью городских экосистем.

Ключевые слова: тяжелые металлы, городские почвы, стабилизирующие и дестабилизирующие факторы, устойчивость экосистем, ГИС-анализ.

Формат цитирования: Паташова Е. С., Скрипчинская Е. А. Методологические аспекты изучения устойчивости городских почв к воздействию природных и хозяйственных факторов (на примере городов Изобильного и Невинномысска) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 4. С. 82-99. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-82-99. EDN: VXHZOQ

Methodological Aspects of Studying the Urban Soils Stability to the Impact of Natural and Economic Factors (Using Izobilny and Nevinnomyssk Towns as Examples)

©2025Elizaveta S. Patashova, Eugenia A. Skripchinskaya✉
North-Caucasus Federal University
Stavropol, Russia, patashova.elizaveta@yandex.ru, gerdtea@yandex.ru✉

ABSTRACT. The research aims to develop and test a methodological approach to studying the resilience of urban soils to the combined impact of natural and economic factors using the example of municipal territories of the Stavropol Territory (Izobilny and Nevinnomyssk), based on the integration of ecological, geochemical, cartographic and geoinformation analysis methods that identify spatial patterns of soil pollution formation. The **aim** is to identify the interrelationships between the accumulation of heavy metals in soils and the spatial location of natural and economic objects based on an integrated methodological approach, including ecological and geochemical analysis, spatial mapping of environmental factors and GIS interpretation of the results. **Materials and methods**. The methodology is based on the analysis of ecological and geochemical data using methods of continuous network geochemical sampling, X-ray fluorescence spectrometry, comparative analysis of statistical indicators and geoinformation mapping. **Results**. Significant differences in the accumulation of pollutants between the studied objects have been established: moderate zinc and cadmium pollution prevails in Izobilny, while increased pollution levels with a maximum concentration of zinc in industrial areas were noted in Nevinnomyssk. The key role of stabilizing elements (green spaces, reservoirs) and natural and territorial conditions (relief, wind regime) in the formation of sustainability of urban ecosystems is revealed. The obtained results are interpreted within the framework of the proposed methodological approach, which involves comparing geochemical pollution indicators with the spatial structure of natural and economic factors in the urban environment. **Conclusions.** The data obtained provide a scientific basis for developing strategies for environmentally oriented spatial planning and managing the sustainability of urban ecosystems.

Keywords: heavy metals, urban soils, stabilizing and destabilizing factors, ecosystem sustainability, GIS analysis.

For citation: Patashova ES, Skripchinskaya EA. Methodological Aspects of Studying the Urban Soils Stability to the Impact of Natural and Economic Factors (Using Izobilny and Nevinnomyssk Towns as Examples). *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(4):82-99. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-82-99. EDN: VXHZOQ

Введение

В условиях динамичного развития урбанизационных процессов и интенсификации хозяйственной деятельности состояние почвенного покрова городских территорий становится объектом особого внимания в контексте сохранения экологического благополучия. Ставропольский край характеризуется значительной концентрацией производственных объектов – развитой агропромышленной инфраструктурой, пищевой промышленностью, разветвленной транспортной сетью, функционирование которых оказывает существенное воздействие на окружающую среду. Эти факторы предопределяют необходимость системного изучения механизмов техногенного воздействия на геосистемы.

Методологическая новизна исследования заключается в применении интегративного подхода, объединяющего эколого-геохимические методы анализа почвенного покрова, геоинформационное картографирование факторов городской среды и пространственную интерпретацию процессов миграции и аккумуляции загрязняющих веществ. Такой подход позволяет рассматривать устойчивость городских почв как результат взаимодействия природных условий территории и структуры хозяйственного освоения.

Исследование направлено на решение актуальной прикладной задачи идентификации связей между пространственным расположением источников загрязнения и накоплением токсических веществ в почвах городов Ставропольского края. Существенным является понимание устойчивости геосистем как их способности противостоять техногенному воздействию в условиях совокупного влияния стабилизирующих и дестабилизирующих факторов. В этом контексте выявление механизмов накопления поллютантов и их пространственного распределения представляет собой основу для разработки практических рекомендаций по оптимизации территориального планирования и повышению качества городской среды.

Материалы и методы исследования

Методологическое обоснование исследования базировалось на интеграции картографических данных и сведений о функциональном зонировании городских территорий. В качестве исходной информационной базы использовались генеральные планы муниципальных образований [1; 2].

При организации полевых работ применены геоинформационные технологии, позволившие оптимизировать размещение пунктов отбора образцов с учетом пространственного распределения потенциальных источников загрязнения, а также расположения промышленных и озелененных территорий. Согласно методологическому подходу анализ устойчивости почвенного покрова осуществлялся путем сопоставления геохимических показателей загрязнения с пространственной структурой природных условий и функционального зонирования городской территории.

В качестве модельных объектов выбраны гг. Невинномысск и Изобильный, различающиеся по уровню техногенной нагрузки, природно-климатическим условиям и структуре землепользования. Город Невинномысск характеризуется высоким промышленным освоением территории (химическая, энергетическая, перерабатывающая отрасли) и интенсивным антропогенным воздействием на почвенный покров. Город Изобильный, напротив, имеет преимущественно агарный профиль и развитую систему озеленения, что предопределяет умеренную нагрузку на городскую природную среду. Контраст в уровнях хозяйственной активности и природных условиях (предгорная и равнинная зоны, различия в увлажнении и гидрогеологическом строении) обеспечивает возможность комплексного анализа факторов, определяющих устойчивость городских почв к природным и антропогенным воздействиям.

Методика исследования загрязнения почвенного покрова

Выбор почвенного покрова в качестве индикатора техногенного загрязнения обоснован его способностью к аккумуляции загрязняющих веществ на протяжении длительного времени, в отличие от атмосферного воздуха, снежного покрова и растительности, где концентрации элементов отражают более кратковременные процессы.

Аналитическая программа реализовывалась в несколько последовательных этапов: 1) региональная оценка загрязнения почвенного покрова методом сплошного сетевого геохимического опробования поверхностных горизонтов; 2) идентификация аномальных распределений элементов и локализация техногенных источников; 3) анализ механизмов пространственного перемещения поллютантов в условиях городских ландшафтов и оценка масштабов геохимической трансформации элементов под воздействием техногенных факторов.

Характерной особенностью почвенного покрова исследуемых городов является преобладание черноземов. Согласно нормативным документам, для черноземов установлены ориентировочно допустимые концентрации тяжелых металлов по транслокационному показателю (цинк – 220 мг/кг, кадмий – 2 мг/кг) и общесанитарному показателю (медь – 132 мг/кг, свинец – 130 мг/кг) [3]. Термин «ориентировочные» отражает официальную терминологию нормативов, предусматривающую их корректировку по результатам региональных исследований. Фоновые концентрации указанных элементов для черноземов Ставропольского края составляют [4]: цинк – 68 мг/кг, кадмий – 0,24 мг/кг, медь – 25 мг/кг, свинец – 20 мг/кг. Для дифференциации уровней содержания элементов применялась шкала экологического нормирования (табл. 1).

Таблица 1. **Шкала экологического нормирования тяжелых металлов в почвах, мг/кг [5]**
Table 1. Scale of ecological rationing of heavy metals in soils, mg/kg [5]

Градация Gradation / **Уровень содержания** Level of content	**Элементы** Elements			
	Cu	**Zn**	**Pb**	**Cd**
Очень низкий	Менее 5	Менее 15	Менее 5	Менее 0,05
Низкий	5-15	15-30	5-10	0,05-0,10
Средний	15-50	30-70	10-35	0,10-0,25
Повышенный	50-80	70-100	35-70	0,25-0,50
Высокий	80-100	100-150	70-100	0,50-1,00
Очень высокий	100-150	150-200	100-150	1-2

Для изучения образцов применялись апробированные методы: метод «конверта» при квартировании проб и рентгенофлуоресцентная спектрометрия для определения элементного состава. Обработка полученных данных включала сравнительный анализ статистических показателей, позволивший выявить взаимосвязи между распределением элементов, а также картографирование результатов и статистическую обработку.

При изучении пространственного размещения зеленых насаждений использовались мультиспектральные космические снимки американского спутника Landsat 8 [6], доступные через открытые геопорталы Геологической службы США [7]. Предварительная обработка и постобработка цифровых данных дистанционного зондирования выполнялась в среде географической информационной системы QGIS, что позволило получить картографические материалы, необходимые для пространственного анализа.

Результаты и их обсуждение

Интерпретация полученных результатов осуществлялась с позиций предложенной методологической схемы, предусматривающей сопоставление геохимических характеристик почвенного покрова с пространственным распределением природных и хозяйственных факторов городской среды.

Влияние стабилизирующих и дестабилизирующих факторов на состояние почвенного покрова

В гг. Изобильном и Невинномысске Ставропольского края было отобрано 52 пробы почвы (22 и 30, соответственно) (рис. 1, 2) для исследования содержания тяжелых металлов (медь, цинк, свинец, кадмий) рентгенофлуоресцентным методом.

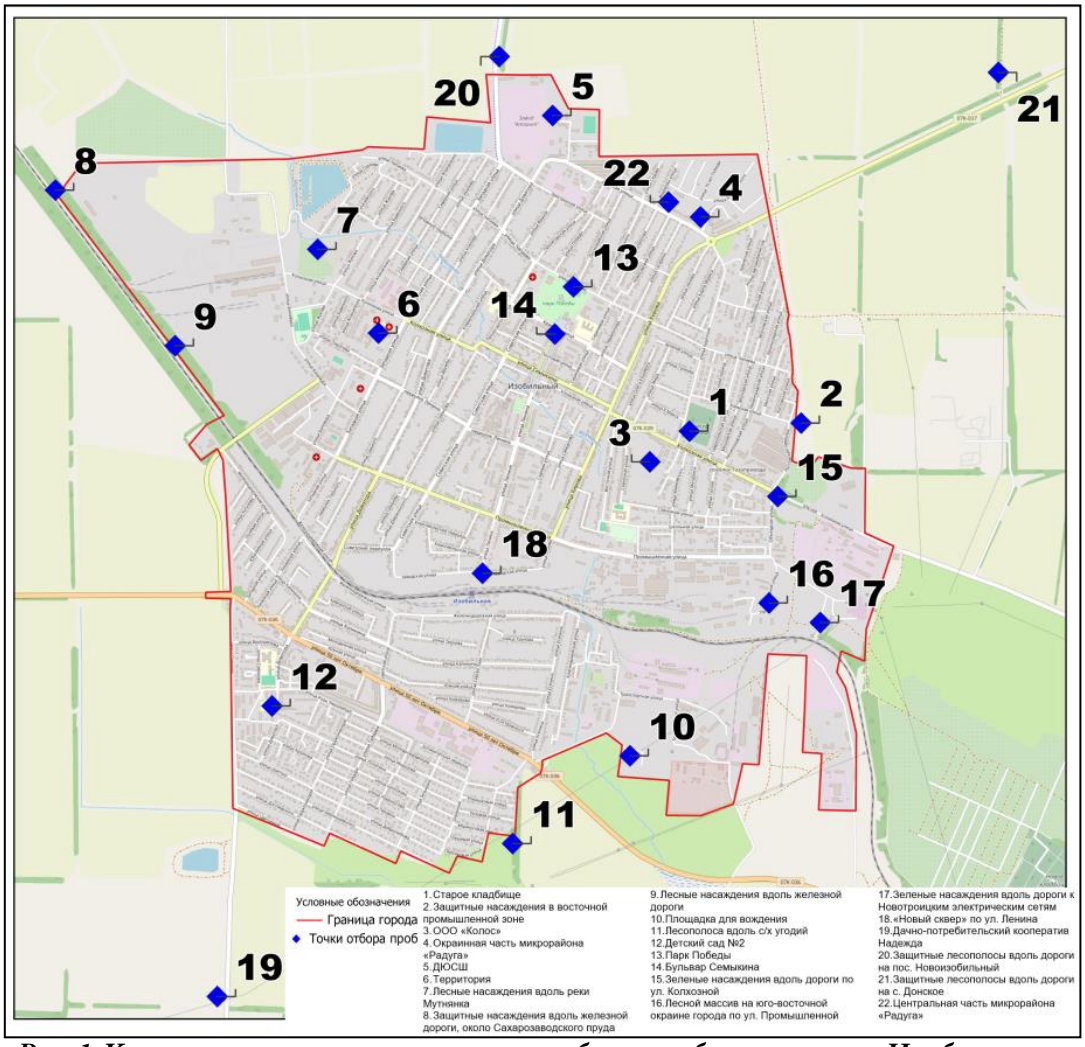


Рис. 1. **Картосхема расположения точек отбора проб в пределах г. Изобильного (составлена авторами)**

Fig. 1. Map showing the location of sampling points within Izobilny town (compiled by the authors)

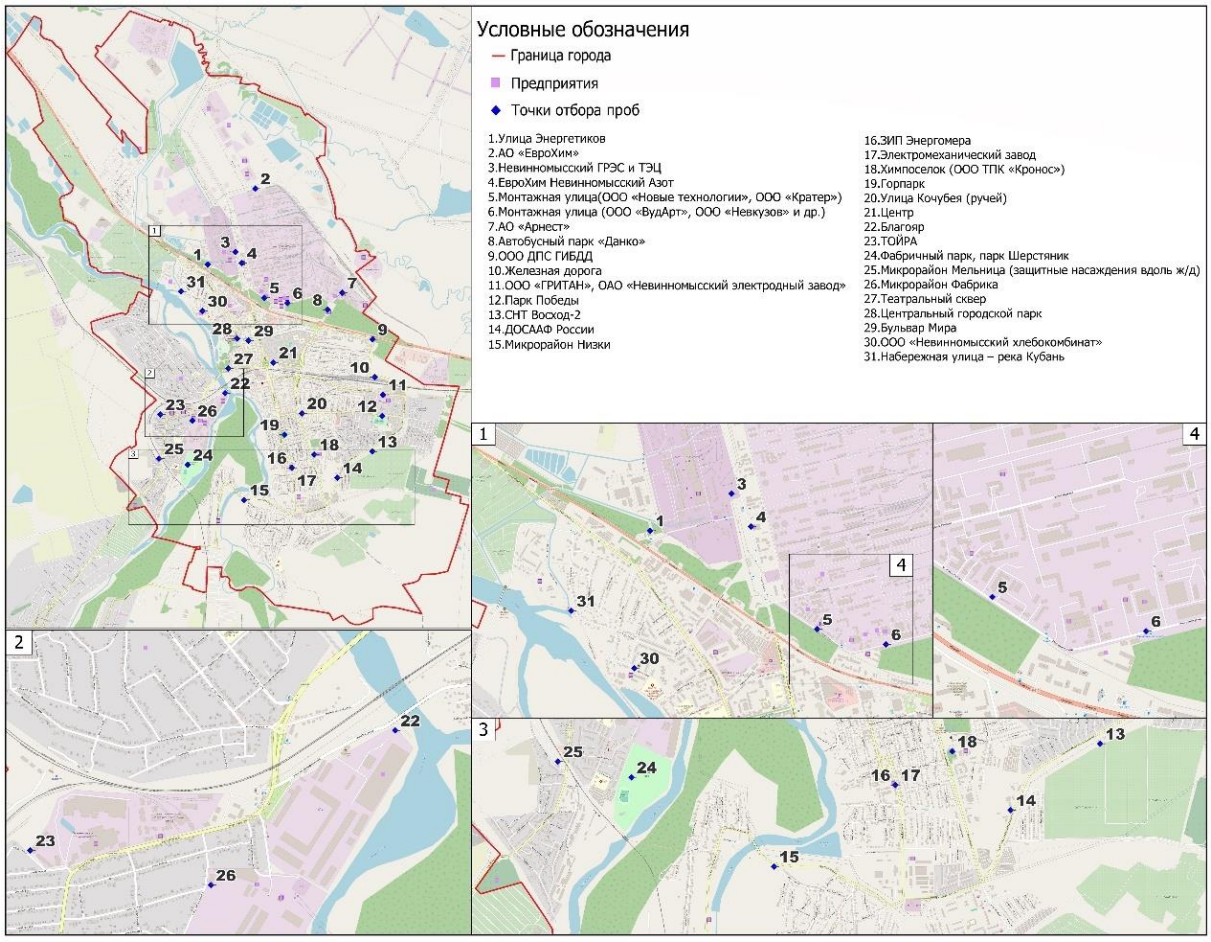


Рис. 2. **Картосхема расположения точек отбора проб в пределах г. Невинномысска (составлена авторами)**

Fig. 2. Map showing the location of sampling points within Nevinnomyssk town (compiled by the authors)

Отбор образцов осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-2017 [8] методом «конверта» из верхнего гумусового горизонта на глубине 25 см. Результаты были проанализированы и сопоставлены со шкалой экологического нормирования (табл. 2).

Распределение тяжелых металлов в г. Изобильном отличается неоднородностью. Концентрация меди преимущественно низкая (7,9-12,9 мг/кг), за исключением точки отбора проб № 1 (48,9 мг/кг), расположенной вблизи промышленного района. Содержание цинка имеет значительный разброс значений (26,7-126,6 мг/кг), наибольшие показатели превышают 100 мг/кг и приурочены к транспортным и промышленным зонам. Концентрация свинца стабильно сохраняется на низком уровне (7,4-8,8 мг/кг). Кадмий преимущественно выявляется в повышенных концентрациях (0,23-0,28 мг/кг) с локальными пиками вблизи производственных объектов.

В г. Невинномысске фиксируется более интенсивное техногенное воздействие на почвенный покров по сравнению с г. Изобильным. Медь остается в категории низких концентраций (7,2-11,0 мг/кг). Содержание цинка характеризуется выраженной пространственной неоднородностью (30,1-192,5 мг/кг) с критическими превышениями предельно допустимых концентраций в трех точках отбора (№ 4, 10, 16), что указывает на локальную интенсификацию загрязнения в промышленных зонах. Свинец присутствует в диапазоне низких концентраций (6,5-9,1 мг/кг). Кадмий характеризуется преимущественно повышенным содержанием (0,25-0,30 мг/кг), максимальные значения зарегистрированы в пяти точках, локализующихся около производственных объектов и магистральных транспортных путей.

Таблица 2. **Среднее содержание тяжелых металлов в почвах гг. Изобильный и Невинномысск**

Table 2. The average content of heavy metals in the soils of Izobilny and Nevinnomyssk towns

№ No.	Содержание микроэлементов, мг/кг Microelement content, mg/kg				№ No.	Содержание микроэлементов, мг/кг Microelement content, mg/kg			
	Cu	Zn	Pb	Cd		Cu	Zn	Pb	Cd
Город Изобильный									
1	48,99	75,496	8,286	0,242	12	9,740	30,789	8,532	0,2569
2	10,69	89,183	8,272	0,254	13	8,958	47,753	8,098	0,258
3	9,164	43,240	8,369	0,2556	14	9,393	44,227	7,965	0,2466
4	10,38	45,939	8,506	0,2787	15	7,938	39,242	7,435	0,2525
5	11,24	52,471	8,476	0,2622	16	8,506	47,948	7,659	0,2513
6	9,433	54,045	8,526	0,2518	17	8,627	60,947	8,495	0,2562
7	10,32	38,243	7,419	0,2330	18	9,410	68,092	8,572	0,2666
8	10,08	45,052	8,836	0,2844	19	9,343	46,022	8,445	0,2665
9	8,714	26,719	7,928	0,2582	20	12,932	126,64	8,709	0,2561
10	9,788	35,729	7,665	0,2365	21	9,7330	42,0409	8,0419	0,2374
11	8,898	31,625	7,714	0,2520	22	9,7526	49,7057	8,2946	0,2531
Город Невинномысск									
1	10,57	67,912	8,514	0,264	16	9,733	184,535	8,7212	0,2713
2	7,252	55,072	6,535	0,2373	17	9,247	63,422	8,148	0,2675
3	7,901	73,316	7,197	0,2607	18	10,37	42,996	7,659	0,2429
4	8,706	190,69	8,133	0,2706	19	9,708	30,081	9,093	0,2655
5	8,368	75,775	7,331	0,2566	20	9,839	131,617	8,516	0,2368
6	7,176	66,811	6,734	0,2419	21	9,735	63,722	8,796	0,2942
7	9,121	90,411	7,899	0,2437	22	9,797	44,941	8,169	0,2697
8	8,678	65,393	8,127	0,2533	23	9,343	54,409	7,735	0,2414
9	8,804	68,864	7,809	0,2843	24	9,590	54,822	8,670	0,2902
10	8,617	192,54	8,074	0,2511	25	11,045	141,623	8,313	0,2539
11	9,041	59,052	8,321	0,2577	26	8,127	57,333	7,204	0,2411
12	10,02	57,824	8,082	0,2523	27	9,003	91,646	8,445	0,3041
13	9,128	54,773	7,751	0.2561	28	9,170	85,414	8,780	0,2766
14	9,301	36,971	8,026	0,2616	29	9,901	146,799	9,026	0,275
15	8,464	63,004	8,035	0,2761	30	7,905	66,588	8,695	0,2848

Обеспеченность городскими стабилизирующими объектами и формирование устойчивого экологического каркаса

Экологический каркас (ЭК) – система средостабилизирующих объектов, характеризующихся сосредоточением в своих границах наибольшей экологической активности, выполняющая основные средозащитные и средовоспроизводящие функции. Структурными элементами ЭК могут являться особо охраняемые природные территории, водные объекты, естественные и искусственные зеленые насаждения, линейные посадки вдоль дорог. Порядок ядер и коридоров ЭК должен объективно определяться с учетом размерности, характера и плотности насаждений, и непосредственно экологического состояния в данный момент времени [9].

Современный ЭК г. Изобильного включает в себя ядра и экологические коридоры различного порядка (рис. 3).

Центральная часть г. Изобильного организована вокруг площади Ленина с примыкающим Ленинским сквером, которые служат градостроительным стержнем и культурным узлом городской структуры. Данная территория служит местом локализации административных функций муниципального образования.

Картографирование ЭК города выявило его структурную композицию, включающую девять ядер первого порядка и девять ядер второго порядка. Вместе с тем межузловые связи в системе каркаса остаются недостаточно развитыми: экологические коридоры соединяют не все ядра различных порядков. Значительная часть озелененных территорий сосредоточена на земельных участках личного подсобного хозяйства, включая частные сады, огороды и придомовые цветники. Пространственное распределение элементов ЭК отличается неравно-

мерностью: в северо-восточной части города отмечается дефицит ядровых центров, а система линейных насаждений (бульваров и придорожных защитных посадок) развита недостаточно для создания непрерывной и регулярной сети озеленения.

Город не имеет четко выраженного единого центра городского развития. Функцию главного рекреационного центра выполняет комплекс, состоящий из Центрального городского парка, Театрального сквера и бульвара Мира (рис. 4).

Анализ организации ЭК позволил выделить его дисперсный характер. На территории города зафиксировано семь ядер первого порядка и девять ядер второго порядка, которые не создают равномерного покрытия. Большая часть стабилизирующих функций обеспечивается частным сектором. Центральные районы испытывают дефицит крупных озелененных комплексов. Состав буферных зон и ядер второго порядка характеризуется фрагментарностью древесного яруса и низкой плотностью насаждений.

В ЭК г. Невинномысска, помимо функционирующих стабилизирующих элементов, включены стабилизирующие территории восстановительного типа – ранее буферные зоны, подвергшиеся пирогенному воздействию (на рис. 4 обозначены как пораженные территории). Их включение в каркас и отнесение к средостабилизирующим территориям обусловлено отсутствием искусственного покрытия и сохранением остаточного растительного покрова, что обеспечивает возможность естественной регенерации в течение 5-10 лет. Исключение таких зон из каркаса привело бы к недооценке резервов устойчивости урбоэкосистем и искажению прогноза самоочищения почв.

Существенным стабилизирующим потенциалом обладает гидрографическая сеть города. На северных и западных границах располагаются водные артерии (реки Кубань, Большой Зеленчук и Барсучка) с сопредельными водоохранными полосами и озелененными буферами, а также хозяйственные водные объекты (канал, пруды).

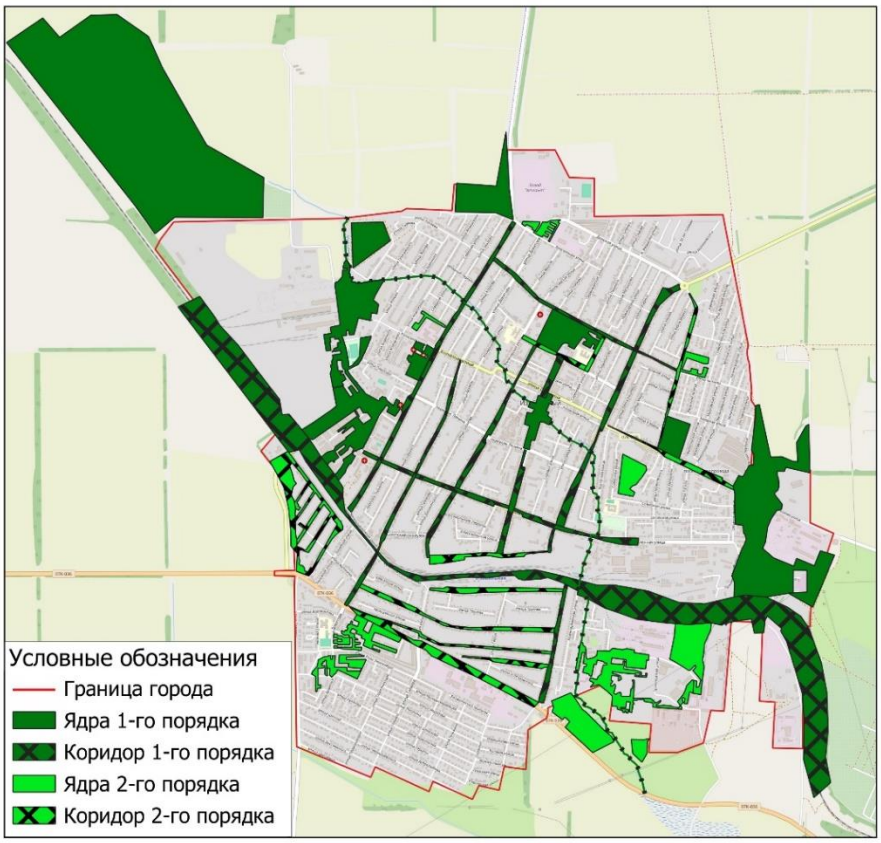


Рис. 3. **Картосхема пространственного размещения структурных элементов экологического каркаса г. Изобильного (составлена авторами)**
Fig. 3. Spatial map of the location of structural elements of the ecological framework in Izobilny town (compiled by the authors)

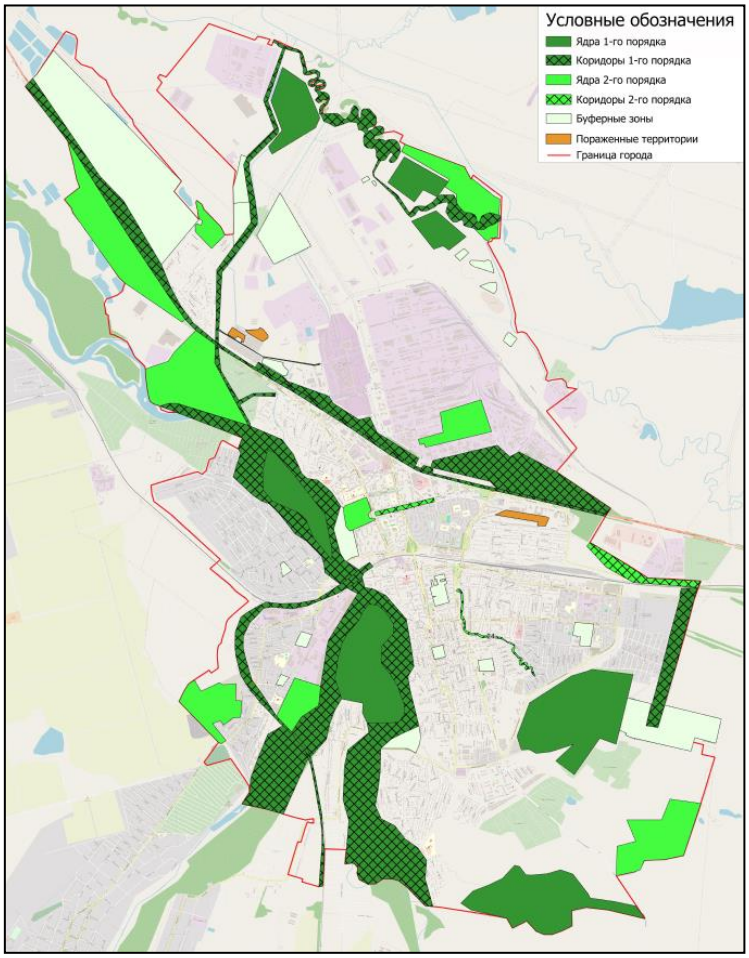


Рис. 4. **Картосхема пространственного размещения структурных элементов экологического каркаса г. Невинномысска (составлена авторами)**
Fig. 4. Spatial map of the location of ecological framework structural elements in Nevinnomyssk town (compiled by the authors)

Масштабная концентрация промышленных объектов предопределяет необходимость расширения компенсирующих элементов в структуре ЭК. Данные элементы должны минимизировать последствия от негативного воздействия производственной деятельности, способствовать регенерации биоценотических комплексов и восстановлению экологических функций городского ландшафта.

Факторы дестабилизации городской среды: анализ распределения промышленных предприятий

Анализируя негативные воздействия на окружающую среду, важно учесть влияние промышленных и сельскохозяйственных территорий. В ходе проведенного исследования было установлено негативное воздействие предприятий, расположенных в гг. Изобильном и Невинномысске, а также построены санитарно-защитные зоны (СЗЗ) согласно нормативам СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 3 [10]. Размеры санитарных зон варьируются и могут доходить до 1 км, в зависимости от категории риска предприятия. Так, для объектов наивысшей степени угрозы (I класса) радиус СЗЗ принимается равным около 1000 м, для II – около 500 м, III – приблизительно 300 м, IV и V групп – соответственно 100 и 50 м. Если законодательство не предусматривает конкретных норм, допустимо устанавливать произвольные расстояния исходя из особенностей конкретного промышленного объекта.

Картографирование объектов хозяйственной деятельности позволило идентифицировать комплекс территорий и сооружений, оказывающих негативное влияние на состояние окружающей среды (рис. 5).

Пространственный анализ выявил следующие категории дестабилизирующих факторов: объекты захоронения (кладбища); земельно-имущественные ком-

плексы, используемые для аграрного производства; производственные объекты машиностроительного профиля, специализирующиеся на выпуске оборудования и механизмов для сельского хозяйства; предприятия строительной индустрии (производство конструкций из металла и древесины; объекты топливно-энергетического сектора (хранение и реализация газа); пищевая промышленность (производство продуктов питания, хранилища зерна и овощей); предприятия обработки цветных металлов, производство и складирование строительных конструкций); объекты управления отходами (утилизация и хранение промышленных отходов различных классов опасности).

Инвентаризация источников техногенного воздействия в пределах г. Невинномысска позволила выявить широкий спектр объектов производственной инфраструктуры, включенных в городскую территориальную структуру (рис. 6). Основные категории включают: многоотраслевые производственные центры, функционирующие в сегментах пищевой перерабатывающей индустрии, отраслей легкой промышленности и высокотоксичных химических производств; металлургические комплексы (как цветная, так и черная металлургия); энергогенерирующие объекты и сопредельные сооружения энергетического назначения; производства продукции металлообработки; сооружения хранения и распределения газообразных углеводородов; промышленность строительно-конструкционного назначения; машиностроительные объекты общего профиля; объекты агропромышленного цикла, а также объекты погребального назначения (кладбищенские комплексы) [11].

Территории промышленных районов выбираются с учетом природно-климатических, инженерно-геологических и топографических условий местности, являясь дестабилизирующими объектами, воздействие которых приводит к нарушению стабильности экосистем, что может способствовать их дальнейшей деградации.

Природно-территориальные условия, такие как климат, рельеф, гидрология, почвенный покров и другие, играют важную роль в формировании и функционировании экосистем.



Рис. 5. **Картосхема пространственного размещения объектов, дестабилизирующих природную среду территории г. Изобильного (составлена авторами)**
Fig. 5. Spatial map of the location of objects destabilizing the natural environment in Izobilny town (compiled by the authors)

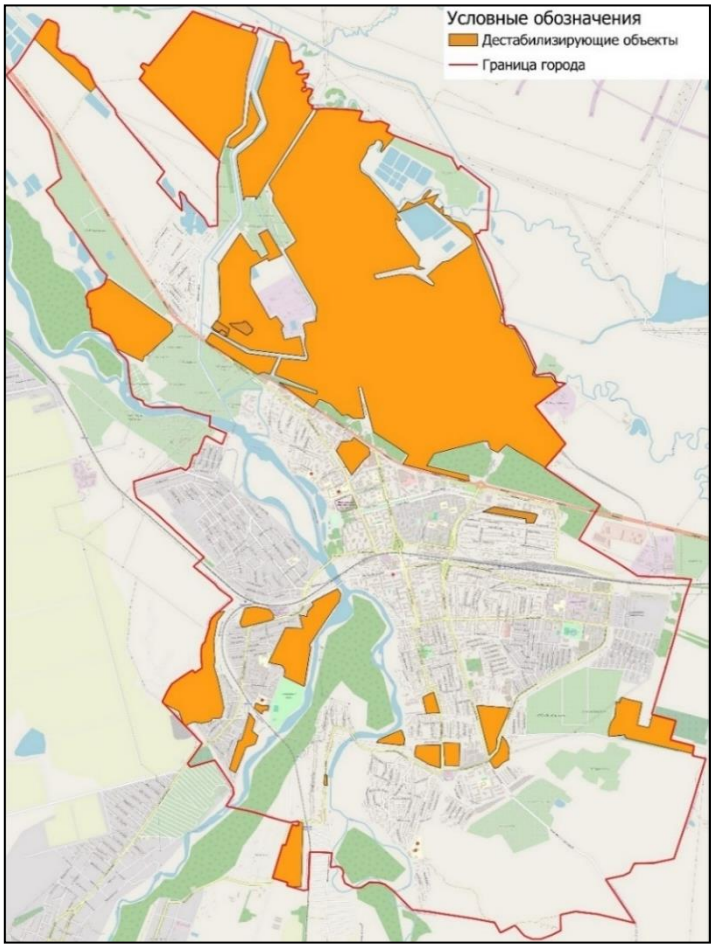


Рис. 6. **Картосхема пространственного размещения объектов, дестабилизирующих природную среду территории г. Невинномысска (составлена авторами)**
Fig. 6. Spatial map of the location of objects destabilizing the natural environment in Nevinnomyssk town (compiled by the authors)

Интенсификация производственной деятельности сопровождается сокращением площадей естественных экосистем. Современное развитие территорий происходит параллельно с механизацией индустриальной сферы и внедрением интенсивных технологий, что приводит к трансформации ландшафтной структуры и функциональных характеристик геосистем. Планировочные решения, принятые на предыдущих этапах развития городских территорий, на данный момент неприменимы к новым формам хозяйственной организации, что обусловливает нарастание техногенного давления на природное окружение.

Пространственное перераспределение и накопление поллютантов контролируется комплексом факторов топографического характера. Рельеф территории воздействует на траектории движения воздушных масс и определяет механизм вертикальной циркуляции атмосферы. В предгорных и холмистых ландшафтах воздушные потоки отклоняются в результате влияния микроморфологических препятствий. Депрессионные формы рельефа (долины, синклинальные впадины, котловины) функционируют как ловушки для аэрозольных и парообразных загрязнителей вследствие снижения скоростных характеристик ветра в зонах, что инициирует процессы гравитационного осаждения поллютантов.

Направление и интенсивность ветровых потоков определяют дальность переноса и конечные точки осаждения твердых взвесей, газообразных и парообразных веществ. Вертикальная стратификация атмосферы (особенно феномен температурной инверсии) препятствует вертикальной диффузии загрязнителей, удерживая их в приземном слое и способствуя их пролонгированному воздействию на экосистемы и население.

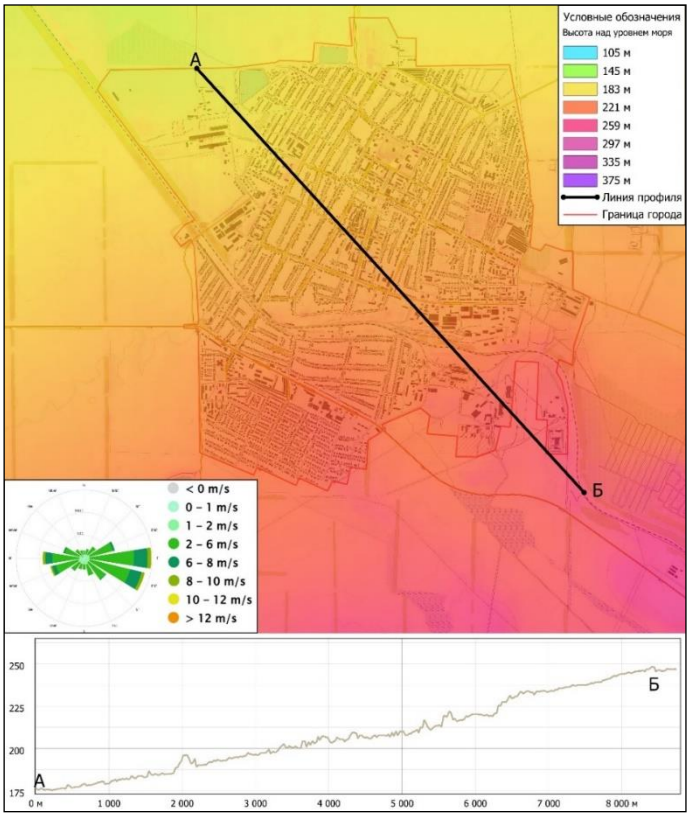


Рис. 7. **Картосхема природно-территориальных условий г. Изобильного (составлена авторами на основе данных [13])**
Fig. 7. Map of natural and territorial conditions of Izobilny town (compiled by the authors based on data from [13])

Гидрологические объекты выполняют двоякую функцию: с одной стороны, они способны растворять и ослаблять концентрацию поллютантов через процессы гидратации и химического преобразования; с другой, концентрируют токсические вещества в придонных слоях и в биомассе водных организмов, выполняя таким образом роль вторичных резервуаров загрязнения [12].

Локализация г. Изобильного в пределах Предкавказской степной провинции обусловливает своеобразие ландшафтно-климатических условий. Для ветрового режима территории характерно преобладание ветров восточного и западного направлений, что и оказывает существенное влияние на пространственное распределение поллютантов. На рисунке 7 представлен рельеф исследуемой территории с нанесенной линией профиля, отражающей направление изменения высот; картографический материал также дополнен розой ветров, характеризующей силу и направление ветра. Морфология территории характеризуется относительно простой структурой: плоский рельеф со слабо выраженной микротопографией, колебания абсолютных высот от 168 до 252 м с генеральным повышением в юго-восточном направлении (рис. 7).

Западная промышленная зона города демонстрирует периодический режим производственной активности, что сказывается на интенсивности и временной распределенности эмиссий. Выбросы этого кластера подвергаются латеральному переносу воздушными потоками с последующей аккумуляцией преимущественно в восточных районах территории. Промышленный узел южного сектора, напротив, функционирует в режиме постоянного производства; его локализация на склоне, обращенном в наветренную сторону, обусловливает локальное концентрирование загрязняющих веществ в ограниченном географическом диапазоне без распространения на отдаленные участки города. Исключение из господствующей системы потоков загрязнителей (с северо-запада на юго-восток) представляет речная система Мутнянки: водный поток эффективно транспортирует адсорбированные и растворенные поллютанты по гидравлическому градиенту с юго-востока на северо-запад.

Структура функционального зонирования города демонстрирует высокую степень организации: производственные объекты сконцентрированы в промышленных зонах восточного и западного секторов, что соответствует принципам экологически обоснованного планирования. Анализ ветровых режимов и топографии показывает, что при доминировании восточных воздушных потоков западные районы подвергаются максимальному риску загрязнения вследствие переноса эмиссий с восточного промышленного комплекса с последующим их накоплением на фоне понижающегося рельефа. При активизации западных и северных ветров загрязняющие вещества перераспределяются на возвышенные поверхности восточной и юго-восточной частей поселения, а также в центральную зону городской застройки.

Город Невинномысск расположен в переходной зоне между высокогорным массивом Северного Кавказа и низменными равнинными структурами (в районе г. Невинномысска большая синклиналь, отделяющая Ставропольскую возвышенность от подножия склонов Главного хребта, разделена пологой антиклиналью на две синклинали – южную и северную [14]). Данное положение предопределяет морфологическую сложность рельефа: территория характеризуется холмистыми поднятиями, эррозионными формами (каньоны, балочные системы), образовавшимися в результате интенсивной водно-механической денудации. Линия профиля на рисунке 8, отражает направление изменения рельефа территории с максимальных перепадов высот. Климатический режим характеризуется преобладанием воздушных потоков слабой интенсивности (4-5 м/с) восточного и юго-восточного направлений; соответствующие данные розы ветров приведены на врезке картохемы на рисунке 8.

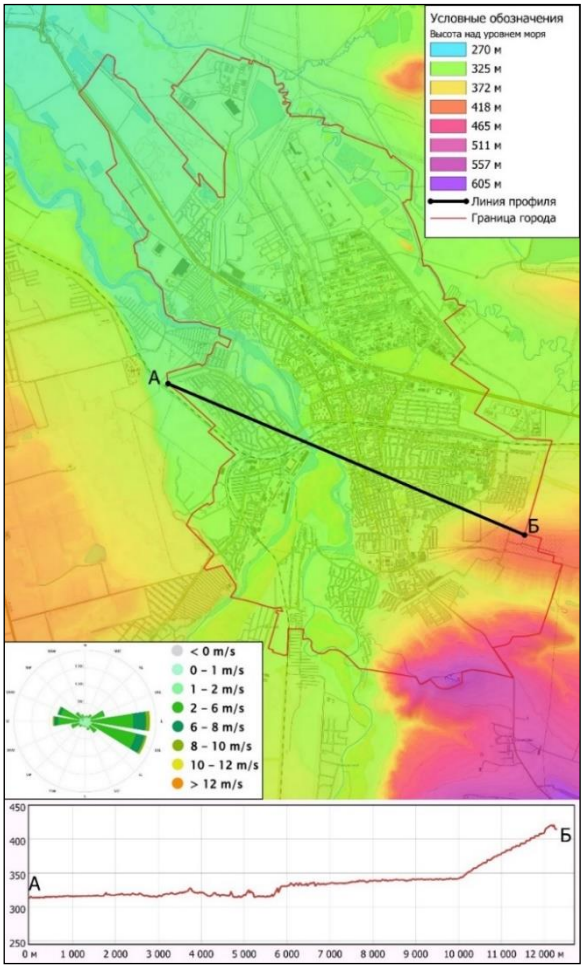


Рис. 8. **Картосхема природно-территориальных условий г. Невинномысска (составлена авторами на основе данных [13])**
Fig. 8. Map of natural and territorial conditions in Nevinnomyssk town (compiled by the authors based on data from [13])

Центральная жилая зона выполняет функцию пространственного обособления северного сектора от промышленных объектов при устойчивом восточном и юго-восточном направлении воздушных потоков, обусловленных гипсометрическим понижением местности в юго-западном направлении. Долинные системы р. Кубани и р. Большой Зеленчук функционируют как первичные области аккумуляции аэрозольных и парообразных загрязнителей.

Географическое размещение основных источников загрязнения в границах северо-промышленного узла компенсируется наличием защитных фитоценозов на южной границе производственной зоны, обеспечивающих частичное ослабление влияния загрязняющих факторов на городское пространство. Это контрастирует с ситуацией в соседних населенных пунктах (с. Кочубеевское), лишенных таких естественных барьеров. Ландшафтная структура прибрежных зон главных водотоков (реки Кубань, Большой Зеленчук) играет критическую роль в распространении загрязняющих агентов от близлежащих промышленных кластеров (микрорайон Фабрика). Вместе с тем СЗЗ большинства действующих предприятий обнаруживают недостаточную эффективность защиты вследствие дефицита фитогенных барьеров, необходимых для существенного подавления миграции токсических веществ

Сопоставление результатов эколого-химического анализа почв с пространственной системой размещения загрязнителей

Для проведения сравнительного анализа статистических показателей содержания тяжелых металлов всех точкек отбора проб ранжированы на группы со схожими тенденциями (табл. 3).

Для оценки влияния промышленных и иных дестабилизирующих объектов на почвенный покров городов были построены СЗЗ предприятий. Составленная карта включает буферные зоны, отражающие классы опасности и территории повышенного риска загрязнения (рис. 9, 10), поскольку СЗЗ представляют собой контролируемые участки прямого техногенного воздействия, на которых предприятие все еще оказывает существенное влияние на окружающую среду, а не полностью защищенные от загрязнения территории.

Анализ пространственного распределения геохимических аномалий выявил сосредоточение максимальных концентраций тяжелых металлов в северной и северо-западной частях города. Данная закономерность согласуется с локализацией промышленных комплексов: образцы из восточного и центрального промышленных узлов демонстрируют повышенные значения, что обусловлено функционированием пищевых, машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий. Аналогично загрязнены территории, прилегающие к западной промышленной зоне. Локальные пики концентраций выявлены и в пределах рекреационных зон северной части города, что указывает на преодоление загрязнителями границ СЗЗ под воздействием атмосферной циркуляции и рельефа. Минимальные значения зарегистрированы в южной части города, удаленной от основных источников техногенного воздействия, что демонстрирует решающую роль пространственного обособления от дестабилизирующих объектов в формировании геохимического профиля почв.

Значительное число защитных зеленых зон вдоль магистралей и железнодорожных путей, в западной и восточной промышленных зонах, а также крупные рекреационные комплексы в центре играют роль стабилизаторов среды, препятствуют проникновению опасных примесей от дестабилизирующих объектов и ограждают жилые и деловые зоны от неблагоприятного воздействия загрязнителей.

Пространственный анализ выявил максимальную подверженность загрязнению западного и северо-западного секторов города, находящихся под влиянием северного промышленного комплекса. Наиболее высокие концентрации цинка идентифицированы вблизи железной дороги и крупного производственного объекта - завода измерительных приборов «Энергомера», подтверждая значительное влияние транспортной инфраструктуры на геохимический статус городских почв. Промышленная база левобережной части р. Кубани характеризуется пониженным потенциалом техногенного загрязнения. Минимальные концентрации поллютантов выявлены в центральном и юго-западном секторах города, что связано как с удаленностью от промышленных центров, так и с защитным эффектом зеленых насаждений вдоль железнодорожной дороги и водоохранной зоны р. Кубани. Данное наблюдение подтверждает значимость стабилизирующих элементов ландшафта (древесные посадки, водные объекты) в подавлении распространения загрязняющих веществ в городской среде.

Таблица 3. **Группы со схожими тенденциями содержания тяжелых металлов в почвенном покрове гг. Изобильного и Невинномысска**
Table 3. Groups with similar trends in heavy metal content in the soil cover Izobilny and Nevinnomyssk towns

Группа Group	**Точки отбора проб** Samples		**Уровень содержания** Content level			
	г. Изобильный Izobilny town	**г. Невинномысск** Nevinnomyssk town	**Cu**	**Zn**	**Pb**	**Cd**
Наименее загрязненная	№ 7, № 10, № 14, № 21	№ 2, № 6, №1 8, № 19, № 23, № 26	НИЗ	СР	НИЗ	СР
		№ 7	НИЗ	ПОВ	НИЗ	СР
Относительно благоприятная	№ 3, № 4, № 5, № 6, № 8, № 11, № 12, № 13, № 15, № 16, № 17, № 18, № 19, № 22	№ 1, № 8, № 9, № 11-15, №1 7, № 21-22, № 24, № 30	НИЗ	СР	НИЗ	ПОВ
Умеренно загрязненная		№ 3, № 5, № 27-28	НИЗ	ПОВ	НИЗ	ПОВ
Загрязненная	№ 20	№ 20	НИЗ	ВЫС	НИЗ	СР
		№ 25, №2 9	НИЗ	ВЫС	НИЗ	ПОВ
Неблагоприятная		№ 4, № 10, № 16	НИЗ	ОЧ. ВЫС	НИЗ	ПОВ

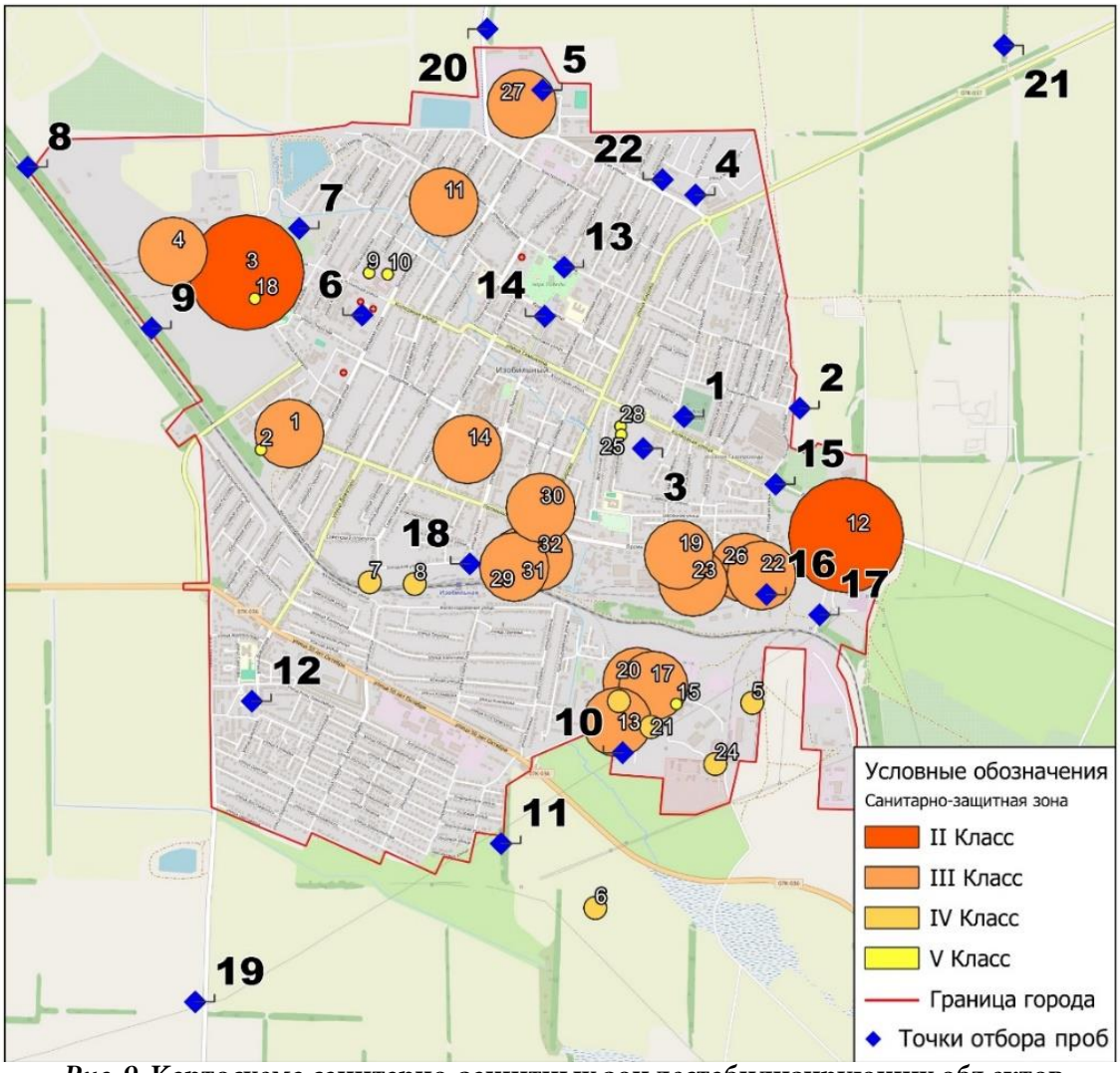


Рис. 9. **Картосхема санитарно-защитных зон дестабилизирующих объектов г. Изобильного (составлена авторами)**
Fig. 9. Map of sanitary protection zones of destabilizing objects in Izobilny town (compiled by the authors)

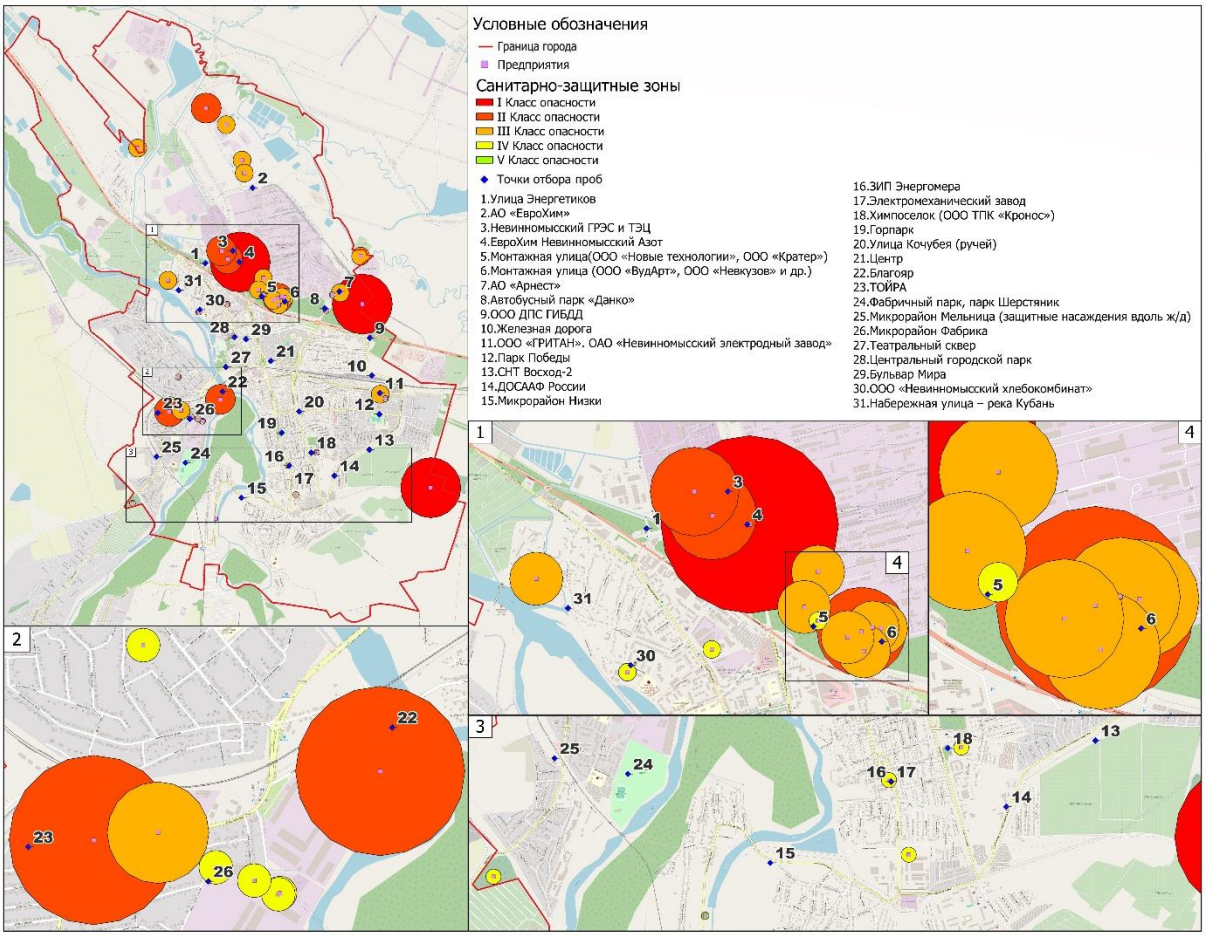


Рис. 10. **Картосхема санитарно-защитных зон дестабилизирующих объектов г. Невинномысска (составлена авторами)**

Fig. 10. Map of sanitary protection zones of destabilizing objects in Nevinnomyssk town (compiled by the authors)

Исследования показали, что распределение уровня загрязнения почв тяжелыми металлами в гг. Изобильном и Невинномысске определяется близостью источников загрязнений и природно-климатическими особенностями местности. Концентрация тяжелых металлов значительно превышает нормы вблизи крупных производств обоих городов. Несмотря на наличие развитых зеленых насаждений, обеспечивающих защиту жилых и общественных зон, основной поток загрязняющих веществ распространяется преимущественно в северном направлении, усиливаясь под влиянием преобладающих ветров и особенностей рельефа. Экологическая ситуация на исследуемых территориях требует повышенного внимания и внедрения мер по минимизации последствий негативного антропогенного воздействия.

Заключение

В контексте глобальных экологических вызовов состояние и функциональная целостность геосистем становятся определяющим параметром социально-экологической безопасности и долгосрочного обеспечения человеческой жизнедеятельности природными активами. Комплексный анализ природно-географических условий территорий и их взаимодействия с техногенными факторами расширяет понимание динамики экосистемных процессов и идентифицирует критические факторы, инициирующие деградационные процессы. Результаты таких исследований создают научно-обоснованную основу для разработки адаптивных парадигм управления урбанизированными геосистемами, охватывающих оптимизацию пространственной организации поселений в условиях трансформирующейся социально-хозяйственной структуры; стратегическое

размещение производственных и инфраструктурных объектов с учетом геоморфологических и климатических ограничений; идентификацию зон повышенного риска и реализацию регламентированного экологического мониторинга.

Проведенное исследование позволяет сделать выводы относительно текущего состояния окружающей среды и устойчивости городских экосистем. Установлено, что относительно шкалы экологического нормирования основным элементом загрязнения почв является цинк, который часто фиксируется в высоких и повышенных концентрациях. Остальные исследованные тяжелые металлы преимущественно содержатся в средних или низких количествах.

Полученные результаты демонстрируют неоднородное распределение загрязняющих веществ, с максимальными концентрациями в западной и южной географических секторах г. Изобильного, где пространственно локализованы крупные промышленные комплексы и интенсивно функционирующие транспортные магистрали. Интенсивность и направления миграций поллютантов контролируются региональным ветровым режимом, с преобладанием потоков восточного и западного направлений, в то время как центральная урбанистическая зона характеризуется сравнительно низкими концентрациями тяжелых металлов, что объясняется пространственным распределением защитных зеленых комплексов и рекреационных пространств, функционирующих в качестве эффективных экологических барьеров, препятствующих проникновению и осаждению аэрозольных и твердых частиц.

В г. Невинномысске ситуация идентична: наибольшие концентрации цинка наблюдаются в окрестностях северных и западных промышленных зон, где располагаются крупнейшие химические заводы и перерабатывающие предприятия. В отличие от г. Изобильного, центральная часть г. Невинномысска демонстрирует более низкую степень загрязнения, что объясняется наличием густой сети зеленых насаждений, препятствующей распространению загрязнителей.

Несмотря на очевидные успехи в создании и поддержании ЭК, устойчивость обеих городских экосистем нуждается в дополнительном внимании. Так, в г. Изобильном сохраняется дефицит целостных экологических коридоров, объединяющих существующие зеленые зоны, что снижает их эффективность в защите от внешних загрязнений. В г. Невинномысске же остро ощущается недостаток крупных зеленых зон в центральной части города, что усугубляет проблему распределения загрязнителей.

В итоге, практическое применение результатов исследования предполагает разработку ряда ключевых мероприятий. Во-первых, необходим регулярный мониторинг состояния почвенного покрова, позволяющий своевременно реагировать на неблагоприятные тенденции. Во-вторых, рекомендуется увеличить масштабы озеленения и сформировать дополнительные экологические коридоры, повышающие сопротивляемость городских экосистем внешним стрессовым факторам. Наконец, крайне важно усовершенствовать методики территориального планирования, учитывая природные особенности и потребности в охране окружающей среды. Комплекс этих действий обеспечит долговременную защиту городских экосистем и создаст основу для устойчивого развития муниципального хозяйства, направленного на поддержание высокого качества жизни населения.

Методологический подход исследования основан на интеграции эколого-геохимических, картографических и геоинформационных методов анализа городской среды. Он предполагает рассмотрение устойчивости городских почв как результата взаимодействия природных условий территории и структуры хозяйственного освоения. Использование сетевого геохимического опробования в сочетании с ГИС-картографированием позволило выявить пространственные закономерности накопления тяжелых металлов и их связь с размещением природно-хозяйственных объектов. Такой подход обеспечивает комплексную интерпретацию процессов миграции и аккумуляции загрязняющих веществ в урбанизированных геосистемах. Полученные результаты демонстрируют эффективность интеграции пространственного анализа и геохимических методов для оценки устойчивости городской природной среды. Предложенная методологическая схема может быть применена при экологических исследованиях других урбанизированных территорий.

Список источников

1. Генеральный план муниципального образования городского округа города Невинномысска Ставропольского края. URL: https://nevadm.gosuslugi.ru/ofitsialno/dokumenty/dokumenty-all_2776.html (дата обращения: 20.02.2025).

2. Документы территориального планирования. URL: https://izobilnenskij-r07.gosweb.gosuslugi.ru/deyatelnost/napravleniya-deyatelnosti/dokumenty-territorialnogo-planirovaniya (дата обращения: 20.02.2024).

3. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 2. Зарегистрированы в Минюсте России 30 января 2021 г. № 62296. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=500088 (дата обращения: 21.07.2025).

4. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений: дата введения 01.07.2017. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=437043 (дата обращения: 21.07.2025).

5. Обухов А. Я., Ефремова Л. Л. Охрана и рекультивация почв, загрязнённых тяжёлыми металлами // Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы: материалы 2-й Всесоюзной конференции. М., 1988. Ч. 1. С. 23.

6. Landsat. 8. URL: https://innoter.com/sputniki/landsat-8 (дата обращения: 20.02.2025).

7. Геопортал Earth Explorer Геологической службы США. URL: https://earthexplorer.usgs.gov (дата обращения: 24.02.2025).

8. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: дата введения 01.01.2019. М.: Стандартинформ, 2018. 10 с.

9. Климанова О. А., Колбовский Е. Ю., Илларионова О. А. Экологический каркас крупнейших городов Российской Федерации: современная структура, территориальное планирование и проблемы развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63. № 2. С. 127-146. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2018.201. EDN: XTRKPR

10. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов: утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 25 сентября 2007 г. № 74: ред. от 28 февраля 2022 г. URL:

References

1. Master Plan of the Municipal Formation of the Urban District of Nevinnomyssk, Stavropol Krai. URL: https://nevadm.gosuslugi.ru/ofitsialno/dokumenty/dokumenty-all_2776.html (accessed 20.02.2025). (In Russ)

2. Territorial planning documents. URL: https://izobilnenskij-r07.gosweb.gosuslugi.ru/deyatelnost/napravleniya-deyatelnosti/dokumenty-territorialnogo-planirovaniya (accessed 20.02.2024). (In Russ)

3. SanPiN 1.2.3685-21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and/or harmlessness of environmental factors for humans: approved by Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated January 28, 2021, No. 2. Registered with the Ministry of Justice of Russia on January 30, 2021, No. 62296. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=500088 (accessed July 21, 2025). (In Russ)

4. SP 42.13330.2016. Code of practice. Urban planning. Planning and development of urban and rural settlements: effective date: 01.07.2017. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=437043 (accessed 21.07.2025). (In Russ)

5. Obukhov AYa, Efremova LL. Protection and reclamation of soils contaminated with heavy metals. *Heavy metals in the Environment and Nature Conservation: Proceedings of the 2nd All-Union Conference.* Moscow, 1988(1):23. (In Russ)

6. Landsat. URL: https://innoter.com/sputniki/landsat-8 (accessed 20.02.2025). https://innoter.com/sputniki/landsat-8

7. Earth Explorer geoportal of the US Geological Survey. URL: https://earthexplorer.usgs.gov (accessed 24.02.2025).

8. GOST 17.4.4.02-2017. Environmental protection. Soils. Methods of sampling and preparing samples for chemical, bacteriological, and helminthological analysis: effective date: 01.01.2019. Moscow: Standartinform, 2018:10. (In Russ)

9. Klimanova OA, Kolbovsky EYu, Illarionova OA. The ecological framework of Russian major cities: spatial structure, territorial planning and main problems of development. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences.* 2018;63(2):127-146. (In Russ). DOI: 10.21638/11701/spbu07.2018.201. EDN: XTRKPR

10. SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03. Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, structures and other objects: approved by Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated September 25, 2007, No. 74: as amended on February 28, 2022. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=487357 (accessed 13.03.2025). (In Russ)

https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=487357 (дата обращения: 13.03.2025).

11. Распоряжение Правительства Ставропольского края от 17 июня 2010 г. № 251-рп «О создании регионального индустриального парка на территории города Невинномысска Ставропольского края и Кочубеевского муниципального района Ставропольского края». URL: https://docs.cntd.ru/document/423836064 (дата обращения 12.09.2025).

12. Реймерс Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Россия молодая, 1994. 365 с.

13. Смоделированные исторические данные о климате и погоде для Россия – meteoblue. URL: https://www.meteoblue.com/ru/погода/historyclimate/climatemodelled/Россия_Россия_2017370 (дата обращения: 20.02.2025).

14. Присс О. Г. Оценка эколого-геологических условий урбанизированной территории и крупного промышленного комплекса в городе Невинномысске: Северный Кавказ: дис. … канд. геол.-минерал. Ставрополь, 2009. 151 с.

11. Order of the Government of the Stavropol Territory dated June 17, 2010, No. 251-rp “On the Establishment of a Regional Industrial Park on the Territory of Nevinnomyssk town, Stavropol Territory and the Kochubeevsky Municipal District of the Stavropol Territory." URL: https://docs.cntd.ru/document/423836064 (accessed 12.09.2025). (In Russ)

12. Reimers NF. Ecology (theories, laws, rules, principles and hypotheses). Moscow: Molodaya Russia, 1994:365. (In Russ)

13. Modeled historical climate and weather data for Russia – meteoblue. URL: https://www.meteoblue.com/ru/похода/historyclimate/climatemodelled/Россия_Россия_2017370 (accessed 20.02.2025). (In Russ)

14. Priss OG. Assessment of ecological and geological conditions of an urbanized area and a large industrial complex in Nevinnomyssk town: North Caucasus: Ph.D. thesis (Geology and Mineralogy). Stavropol, 2009:151. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Паташова Елизавета Сергеевна, студентка департамента географии и геоинформатики, факультет международных отношений, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия, patashova.elizaveta@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0009-1157-2868

Скрипчинская Евгения Андреевна, кандидат географических наук, доцент департамента географии и геоинформатики, Факультет международных отношений, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия, gerdtea@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-1490-3361

Критерии авторства

Елизавета С. П. – написание статьи, первичная обработка и анализ картографического материала, первичный сбор почвенных образцов, анализ лабораторных данных содержания тяжелых металлов в почвах исследуемой территории, компьютерная обработка и создание иллюстративного материала; Евгения А. С. – разработка концепции и методологии, анализ литературных источников, перевод, оформление и редактирование текста научной статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 09.12.2025
Одобрена после рецензирования 26.12.2025
Принята к публикации 12.01.2026

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Affiliation

Elizaveta S. Patashova, student, Department of Geography and Geoinformatics, Faculty of International Relations, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, elizaveta.patashova@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0009-1157-2868

Eugenia A. Skripchinskaya, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Geography and Geoinformatics, Faculty of International Relations, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, gerdtea@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-1490-3361

Contribution of the authors

Elizaveta S. P. – writing the paper, initial processing and analysis of cartographic material, initial collection of soil samples, analysis of laboratory data on heavy metal content in soils of the study area, computer processing and creation of illustrative material; Evgeniya A. S. – concept and methodology development, references analysis, translation, formatting and editing of the scientific paper.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 09.12.2025
Approved after reviewing 26.12.2025
Accepted for publication 12.01.2026

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 624.131.3
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-100-108
EDN: YSCYJM

Геохимическое исследование почв в зонах автозаправочных станций города Воронежа

©2025Фонова С. И., Эпиташвили А. В.✉, Чаплина А. В., Скопов М. В.
Воронежский государственный технический университет
Воронеж, Россия, sveta.27@mail.ru, a.epit@mail.ru✉,
annaa06082001@mail.ru, skopov.maks@yandex.ru

РЕЗЮМЕ. Цель исследования заключается в оценке масштабов загрязнения почв вблизи автозаправочных станций (АЗС) на территории г. Воронежа тяжелыми металлами и разработке практических рекомендаций по минимизации экологических и санитарно-гигиенических рисков. **Методы.** В работе применялись традиционные методы исследований – анализ научной литературы для изучения методов исследования загрязнения почв вблизи АЗС (на расстоянии 5, 25, 50 и 100 метров); картографический – для построения схемы мест отбора проб, современные – геохимические для выполнения химического анализа почв; статистические – для обработки полученных результатов исследований. В **результате** выявлены основные пути поступления тяжелых металлов в почвы и степень опасности для здоровья людей. Были определены показатели содержания загрязняющих веществ в почвах, превышающие допустимые нормы. На основании полученных результатов построена почвенно-геохимическая карта, в которой отражены аномалии по тяжелым металлам (свинец, кадмий, цинк, медь, никель). **Выводы.** По результатам полевых и лабораторных работ предложен многоуровневый комплекс мер, направленный на снижение экологической нагрузки от объектов топливозаправочной инфраструктуры.

Ключевые слова: тяжелые металлы, автозаправочная станция, загрязнение почв, городская среда, здоровье населения, геохимические аномалии.

Формат цитирования: Фонова С. И., Эпиташвили А. В., Чаплина А. В., Скопов М. В. Геохимическое исследование почв в зонах автозаправочных станций города Воронежа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 4. С. 100-108. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-100-108. EDN: YSCYJM

Geochemical Soil Investigation in the Areas of Gas Stations in Voronezh City

© 2025Svetlana I. Fonova, Alina V. Epitashvili✉,
Anna V. Chaplina, Maksim V. Skopov
Voronezh State Technical University
Voronezh, Russia, sveta.27@mail.ru, a.epit@mail.ru✉,
annaa06082001@mail.ru, skopov.maks@yandex.ru

ABSTRACT. The research **aims** to assess the extent of soil contamination near gas stations (PS) in Voronezh city with heavy metals and to develop practical recommendations for minimizing environmental and sanitary risks. **Methods.** The work used traditional research methods, including a literature review to examine methods for studying soil contamination near gas stations (at distances of 5, 25, 50 and 100 meters); a cartographic approach to plotting sample collection sites; modern geochemical methods to perform chemical analysis of soils; statistical methods to process the obtained results. As a **result,** the main pathways for heavy metals entering soils and the degree of health hazard were identified. Contaminant levels in soils exceeding permissible limits were determined. Based on the results, a soil geochemical map was constructed, reflecting

heavy metal anomalies (lead, cadmium, zinc, copper and nickel). **Conclusions.** Based on the results of field and laboratory work, a multi-tiered set of measures aimed at reducing the environmental impact of fueling infrastructure facilities was proposed.

Keywords: heavy metals, gas station, soil pollution, urban environment, public health, geochemical anomalies.

For citation: Fonova SI, Epitashvili AV, Chaplina AV, Skopov MV. Geochemical Soil Investigation in the Areas of Gas Stations in Voronezh City. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2025;19(4):100-108. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-100-108. EDN: YSCYJM

Введение

Стремительный рост числа автомобилей и связанная с ним инфраструктура создают серьезную техногенную нагрузку на территорию г. Воронежа. Территории АЗС, несмотря на сравнительно небольшие площади, выступают локальными очагами хронического загрязнения почвы нефтепродуктами и тяжелыми металлами. В городе функционирует свыше 300 АЗС, значительная часть которых размещена внутри жилых кварталов или в непосредственной близости от них [1-3].

Тяжелые металлы отличаются высокой персистентностью, способностью к бионакоплению. Они могут вызывать тяжелые отравления живых организмов, в том числе человека. Актуальность темы исследований определяется широким масштабом проблемы загрязнения почв тяжелыми металлами в жилых районах и сложностью устранения негативного воздействия в связи с постоянным поступлением загрязнителей в почвы, что обусловлено непрерывной работой АЗС [4-6].

Материалы и методы исследования

В 2023-2024 гг. обследовано 19 АЗС в г. Воронеже, выбранные на карте города хаотично, принимая во внимание, что сбор данных будет продолжаться и далее. Пробы почвы отбирались на расстояниях 5, 25, 50 и 100 м от границ объектов по стандартным методикам. Содержание Pb, Cd, Zn, Cu, Ni определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии (предел обнаружения 0,01 мг/кг). Степень загрязнения оценивалась с использованием суммарного показателя загрязнения Zc и коэффициентов концентрации Kc [7; 8].

Результаты и их обсуждение

Основными источниками поступления тяжелых металлов на территориях АЗС г. Воронежа являются:

– выхлопные газы автотранспорта – основной источник свинца (до 65 % от общего поступления) [2];

– истирание шин – цинк и кадмий;

– износ тормозных накладок и колодок – медь и сурьма;

– испарения топлива и разливы нефтепродуктов – никель и ванадий;

– абразивный износ дорожного покрытия и конструкций АЗС – комплекс тяжелых металлов.

Средние концентрации в поверхностном слое почвы (0-20 см) на расстоянии 5 м от АЗС существенно превышают как фоновые значения, так и ПДК, соответствующие результаты исследований показаны в таблице 1 в виде среднеарифметического значения. Схема мест отбора проб почв показана на рисунке 1.

Фоновые значения исследуемых показателей предоставил ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области».

Таблица 1. **Содержание тяжелых металлов в почвах на исследуемой территории (мг/кг)**
Table 1. Content of heavy metals in soils in the study area (mg/kg)

Металл Metal	**Фоновые значения** Background values	**В зоне АЗС (5 м)** In the gas station area (5 m)	**В зоне АЗС (25 м)** In the gas station area (25 m)	**В зоне АЗС (50 м)** In the gas station area (50 m)	**В зоне АЗС (100 м)** In the gas station area (100 m)	**ПДК** MAC	**Превышение ПДК, раз** Exceeding the maximum permissible concentration, times
Pb	12,3 ± 2,1	84,7	86,7	50,9	40,2	32	2,6
Cd	0,4 ± 0,1	2,8	1,6	2,9	0,9	1,0	2,8
Zn	45,2 ± 8,3	342,6	356,7	274,9	96,5	100	3,4
Cu	18,7 ± 3,2	156,9	112,4	67,1	68,3	33	4,8
Ni	24,1 ± 4,5	78,3	82,3	65,8	59,3	40	2,0

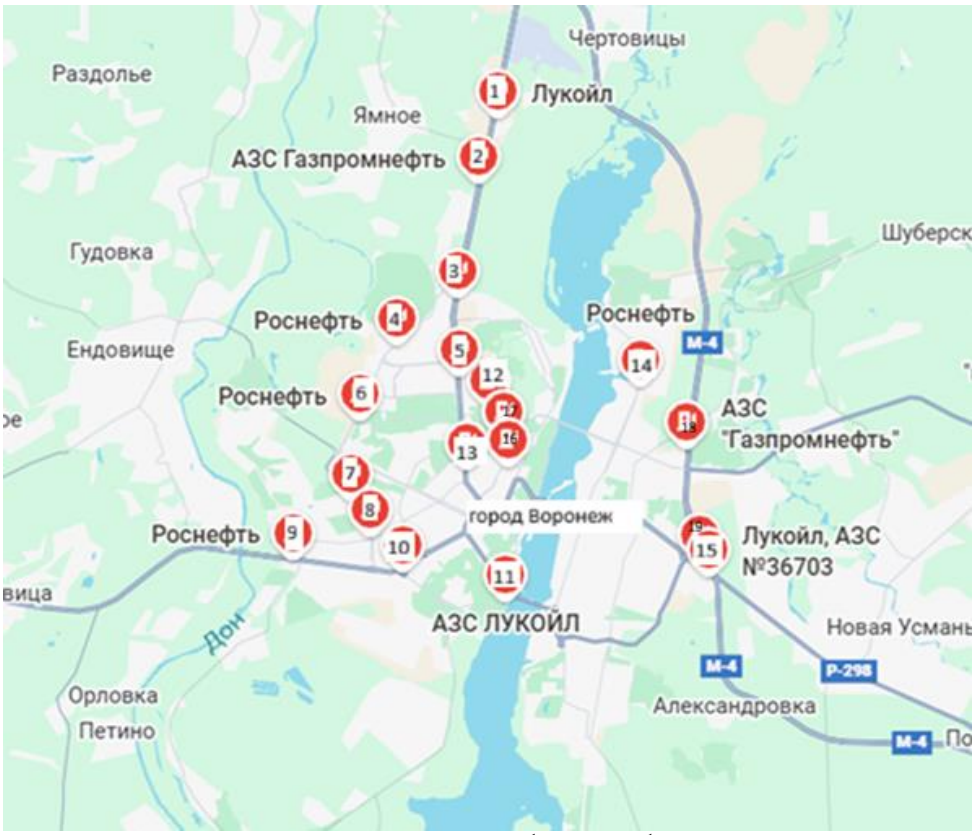


***Рис. 1.* Схема мест отбора проб почв**
Fig. 1. Scheme of soil sampling sites

Почвенный покров г. Воронежа представлен преимущественно черноземами, (в городе преобладают техногенные грунты различного происхождения) он обладает способностью поглощения различных веществ. Это способствует активному накоплению тяжелых металлов в верхних гумусовых горизонтах в зонах АЗС [9].

Установлено, что максимальное накопление тяжелых металлов наблюдается в радиусе 25 м от АЗС. Коэффициент концентрации загрязняющих веществ (Кс) составляет [10]:

1) для меди: 4,8-5,2;
2) для цинка: 3,4-3,8;
3) для свинца: 2,6-2,9;
4) для кадмия: 2,8-3,1;
5) для никеля: 2,7-3,3

Pb, Cd, Zn, Cu, Ni

На расстоянии 50 м от АЗС также значительно большое загрязнение, что подтверждается данными о содержании подвижных форм тяжелых металлов.

На основе полученных данных проведена оценка рисков для здоровья населения, проживающих в радиусе 100 м от АЗС.

Расчеты показывают, что коэффициент опасности (HQ) [11] для отдельных металлов достигает:

свинец: HQ = 2,3 (умеренно опасный уровень);

кадмий: HQ = 1,8 (умеренно опасный уровень);

медь: HQ = 1,5 (низкий уровень опасности);

никель: HQ = 0,3 (низкий уровень опасности).

Суммарный индекс опасности (HI) [11] составляет 4,6, что указывает на неприемлемый уровень риска для здоровья населения.

Основные пути поступления тяжелых металлов в организм человека:

ингаляционный (вдыхание почвенной пыли) – 45 %;

пероральный (с продуктами питания) – 35 %;

дермальный (через кожу) – 20 %.

На основе полученных результатов геохимического исследования (табл. 1) построен график изменения концентраций исследуемых показателей (рис. 2). На графике видно, что происходит снижение концентраций тяжелых металлов по мере удаления от АЗС на 5, 25, 50 и 100 м.

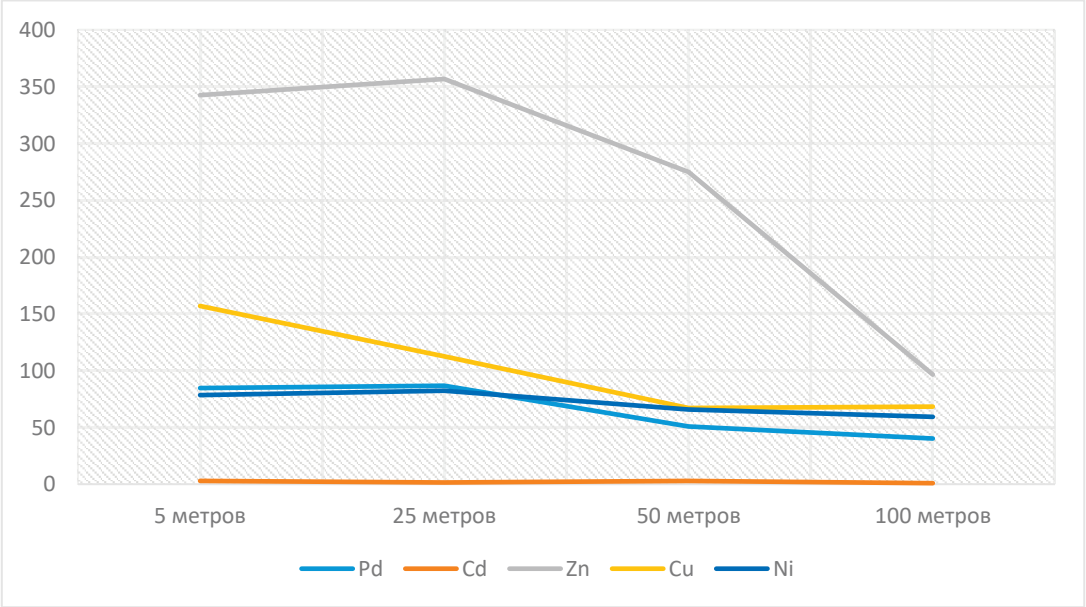


Рис. 2. **График изменения концентраций исследуемых показателей по мере удаления от АЗС на 5, 25, 50 и 100 м**
Fig. 2. Graph of changes in concentrations of the studied parameters as the distance from the gas station increases by 5, 25, 50 and 100 m

Таблица 2. **Сравнительный анализ выбросов тяжелых металлов с различных типов заправочных станций**
Table 2. Comparative analysis of heavy metal emissions from different types of gas stations

Тип заправочной станции Type of gas station	**Pb**	**Cd**	**Zn**	**Cu**	**Ni**	**Примечания** Notes
	(мг/кг почвы) (mg/kg of soil)					
Бензиновая АЗС	84,7 ± 15,3	2,8 ± 0,5	342,6 ± 52,7	156,9 ± 28,4	78,3 ± 12,6	Эталон для сравнения
Дизельная АЗС	92,4 ± 16,8	3,1 ± 0,6	368,9 ± 58,2	142,3 ± 25,7	85,7 ± 14,1	Повышенное содержание Ni и Pb
Криогенная АЗС	**28,9 ± 5,2**	**1,2 ± 0,3**	**189,4 ± 32,6**	**98,7 ± 18,9**	**45,6 ± 8,7**	Снижение выбросов на 45-65 %
Компрессорная	**31,5 ± 5,8**	**1,4 ± 0,4**	**201,7 ± 35,1**	**104,3 ± 19,8**	**48,9 ± 9,2**	Снижение выбросов на 40-60 %

Вывод по данным таблицы 2. Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в почвах на расстоянии 5 м от заправочных станций различных типов выявил четкую экологическую градацию объектов:

– традиционные бензиновые и особенно дизельные АЗС формируют максимальный уровень загрязнения почв тяжелыми металлами. На дизельных станциях зафиксированы наиболее высокие концентрации свинца (92,4 мг/кг) и никеля (85,7 мг/кг), что на 9-15 % выше, чем на бензиновых объектах;

– газозаправочные станции демонстрируют существенно меньшую техногенную нагрузку. На криогенных АЗС содержание исследуемых элементов (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni) снижено в среднем на 55-66 % по сравнению с эталонной бензиновой станцией, а на компрессорных АЗС – на 40-62 %.

Таким образом, переход на газомоторное топливо (в первую очередь на сжиженный природный газ) позволяет уже на стадии эксплуатации объекта в 1,5-2,5 раза уменьшить накопление тяжелых металлов в прилегающих почвах. Это делает развитие криогенной и компрессорной газозаправочной инфраструктуры приоритетным направлением экологически ориентированной модернизации топливно-энергетического комплекса Воронежской области [9; 12-14].

1. Специфические мероприятия для газозаправочных станций. Несмотря на значительно меньшее воздействие на окружающую среду, газозаправочные станции (Криогенные АЗС) требуют особого подхода к экологической безопасности.

1. Технические особенности и риски.

Криогенные АЗС (сжиженный природный газ при -162 °С):

– выбросы при испарении: 0,8-1,2 % от объема хранения в сутки;

– потенциальное образование взрывоопасных газовых облаков при аварийных разливах;

– риск криогенных ожогов почвенной биоты.

Компрессорные станции (КПГ при 200-250 бар):

– шумовое загрязнение: 85-95 дБ в непосредственной близости от компрессора;

– вибрационное воздействие на грунты: амплитуда 25-40 мкм;

– микроутечки метана: 0,5-1,0 % от объема заправки.

2. Специфические мероприятия.

Для КриоАЗС:

– установка систем регазификации с эффективностью не менее 98 %;

– создание криогенных барьеров глубиной 2,5-3,0 м по периметру резервуарного парка;

– монтаж газоаналитического оборудования с порогом срабатывания 20 % НКПВ;

– теплоизоляция оборудования с коэффициентом теплопроводности не более 0,03 Вт/м·К.

Для компрессорных КПГ:

– виброизоляция фундаментов с коэффициентом демпфирования 0,8-0,9;

– установка шумозащитных экранов высотой 4-6 м с звукопоглощением 25-30 дБ;

– применение течеискателей с чувствительностью 1Ч10^{-6} смі/с.

3. Мониторинговые мероприятия.

Для газозаправочных станций рекомендован расширенный мониторинг:

– контроль концентрации метана в приземном слое атмосферы (норматив: не более 5 мг/мі);

– измерение уровня шума на границе газозаправочных станций (предел: 55 дБ в дневное время);

– контроль вибрационных характеристик фундаментов;

– регулярный анализ почв на содержание полициклических ароматических углеводородов.

Выводы по газозаправочным станциям:

– переход на газомоторное топливо позволяет снизить выбросы тяжелых металлов на 40-65 %;

– наибольшую экологическую эффективность демонстрируют КриоАЗС;

– специфические риски газовых заправок требуют специализированных решений.

Экономическая целесообразность природоохранных мероприятий выше для газовых станций. Данные дополнения повышают практическую ценность исследования и позволяют дать дифференцированные рекомендации для различных типов заправочной инфраструктуры г. Воронежа.

Комплекс рекомендаций по снижению негативного воздействия АЗС на городские экосистемы и здоровье населения.

По результатам исследований мы сформировали целостный план действий, который позволит существенно снизить экологическую и санитарную нагрузку от АЗС г. Воронежа. Все предлагаемые меры объединены в три крупных блока: технические, природоохранно-ландшафтные и организационно-правовые.

Совершенствование технологического оборудования и инфраструктуры АЗС является первоочередной задачей для снижения эмиссии тяжелых металлов в окружающую среду. Необходима установка на каждой АЗС современных локальных очистных сооружений (ЛОС) замкнутого цикла, которые полностью исключают сброс грязных стоков в городскую канализацию или на рельеф. В состав таких ЛОС обязательно должны входить песколовки, нефтеловушки, сорбционные фильтры (на активированном угле или цеолитах) и, при высокой нагрузке, финишная мембранная ультрафильтрация.

Перевод всех резервуаров для хранения топлива на конструкции с двойной стенкой и оснащение их системами непрерывного контроля межстенного пространства позволяет обнаружить даже минимальные утечки на самой ранней стадии. Необходимо обустройство надежной обваловки и аварийных емкостей в зонах налива/слива топлива, чтобы любой случайный разлив оставался внутри территории станции и загрязнители не попадали в окружающую среду.

Обязательное оснащение всех топливораздаточных колонок и резервуаров системами улавливания паров бензина. Данные мероприятия направлены на восстановление и стабилизацию экологического состояния территорий, прилегающих к АЗС.

Формирование по периметру АЗС (на расстоянии 5-15 м) плотных многорядных кустарниковых полос из видов, устойчивых к техногенному воздействию и обладающих высокой пылепоглощающей способностью. Рекомендуемые виды для условий г. Воронежа: кизильник блестящий,

бирючина обыкновенная, спирея Вангутта, пузыреплодник калинолистный. Высота полосы должна быть не менее 1,5-2 м.

Одним из наиболее экологичных и экономически доступных способов снижения подвижности тяжелых металлов в почве является использование растений-гипераккумуляторов, таких как бархатцы, амброзия и др.

Ключевым условием эффективности использования растений-гипераккумуляторов служит регулярное скашивание надземной биомассы с последующим ее вывозом и утилизацией как отходов III-IV класса опасности. Такой подход позволяет ежегодно выводить из почвы значительную долю накопленных металлов и предотвращать их вторичное поступление в экосистему при отмирании растений.

На территориях с выявленным историческим загрязнением целесообразно проводить целенаправленную биологическую рекультивацию почвы. Рекомендуемый комплекс агротехнических приемов включает:

– глубокое рыхление верхнего горизонта (на 30-40 см) для улучшения аэрации и перемешивания загрязненного слоя;

– внесение органических мелиорантов (низинный торф, сапропель) и природных минеральных сорбентов (цеолиты, глауконит) в дозе 5-10 кг/мI резко повышает сорбционную емкость почвы и переводит подвижные формы тяжелых металлов в недоступное для растений и миграции состояние;

– при необходимости – известкование кислых почв (с использованием доломитовой муки или дефеката) до достижения pH 6,5-7,0. В нейтральной и слабощелочной среде большинство тяжелых металлов (Pb, Cu, Zn, Cd, Ni) переходят в малорастворимые гидроксидные и карбонатные формы, что практически полностью блокирует их поступление в грунтовые воды и пищевые цепи.

Комплексное применение этих приемов позволяет в течение 2-3 лет снизить содержание подвижных форм тяжелых металлов на 60-85 % и восстановить экологическую функцию почвы на ранее деградированных участках.

Эффективность технических и экологических мер невозможна без создания соответствующей правовой и управленческой базы. Для системного решения проблемы необходимо перейти от точечных мер к стратегическому регулированию размещения и эксплуатации АЗС. В этой связи предлагается:

– инициировать внесение изменений в правила землепользования и застройки муниципальных образований Воронежской области, установив обязательную минимальную ширину санитарно-защитной зоны в 50 м для вновь строящихся АЗС и не менее 25 м для реконструируемых объектов;

– законодательно закрепить запрет на размещение детских садов, школ, медицинских учреждений, спортивных и игровых площадок, а также приусадебных и дачных участков с огородами в радиусе 100 м от действующих АЗС;

– разработать и принять на уровне области единый региональный стандарт экологической безопасности эксплуатации АЗС, который обяжет всех операторов проводить регулярный мониторинг состояния почвы, приземного слоя атмосферы и ливневых стоков с установленной периодичностью и по утвержденным методикам.

Реализация этих мер позволит предотвратить появление новых конфликтных зон и постепенно снизить риски для населения в уже сложившихся жилых кварталах.

Для перехода от разовых проверок к системному контролю предлагается:

– обязать всех операторов АЗС в Воронежской области внедрить полноценную систему производственного экологического контроля, в рамках которого ежеквартально должны отбираться почвенные пробы не менее чем в пяти контрольных точках по периметру станции (включая точки, обращенные к жилой застройке), с обязательным определением валового содержания и подвижных форм Pb, Cd, Zn, Cu и Ni;

– создать на базе Комитета природных ресурсов и экологии Воронежской области единую региональную геоинформационную систему, в которую с АЗС в автоматическом или полуавтоматическом режиме будут поступать результаты всех мониторинговых исследований. Это позволит в реальном времени отслеживать динамику загрязнений, выявлять наиболее проблемные объекты и оперативно принимать управленческие решения на уровне области и отдельных муниципалитетов.

Такая система обеспечит прозрачность экологической ситуации, сделает невозможным сокрытие превышений предельно

допустимых концентраций и даст объективную основу для дифференциации экологических платежей и штрафных санкций.

Заключение

Проведенные исследования подтвердили, что АЗС г. Воронежа являются мощными локальными источниками загрязнения почв тяжелыми металлами. В непосредственной близости от АЗС (до 5 м) концентрации меди, цинка, свинца и кадмия в среднем в 2,0-4,8 раза превышают установленные предельно допустимые значения, а зона заметного накопления токсикантов распространяется до 50 м от границ объектов. Затем происходит незначительное снижение концентраций и их значения превышают фоновые и ПДК.

Расчет суммарного индекса опасности (HI = 4,6) показал, что для жителей ближайших домов и людей, регулярно находящихся рядом с АЗС, существует неприемлемый уровень неканцерогенного риска для здоровья, в первую очередь за счет свинца и кадмия.

Реализация предложенного комплекса технических, биологических, организационных и правовых мероприятий позволит не только остановить дальнейшее загрязнение, но и постепенно снизить уже накопленную нагрузку на городские почвы. Это обеспечит реальное уменьшение экологических и санитарно-гигиенических рисков, сделав городскую среду Воронежа и области существенно безопаснее для нынешнего и будущих поколений.

Список источников

1. Байботаева А. Д., Кенжалиева Г. Д., Босак В. Н. Тяжелые металлы в почвах урбанизированных территорий // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4. С. 126-130. EDN: QUDCVY

2. Жарикова Е. А. Тяжелые металлы в городских почвах: оценка содержания и экологического риска // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. № 1. Т. 332. С. 164-173. DOI: 10.18799/24131830/2021/1/3009. EDN: IZRGUI

3. Назаренко Н. Н., Свистов А. К. Тяжелые металлы в почвах левобережного района города Воронежа // Теоретические и прикладные аспекты развития современной науки: сборник научных статей по материалам I Международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 15 марта 2016 г.). Екатеринбург: ИП Сигитов Т. М., 2016. С. 167-169. EDN: VXQBFN

4. Сулейманов И. Влияние тяжелых металлов на окружающую среду и здоровье человека (на примере Чеченской Республике) // Молодой ученый: вызовы и перспективы: сборник статей по материалам V Международной научно-практической конференции. М.: Интернаука, 2016. С. 97-102. EDN: VRDRWT

5. Брызгалова А. Ю., Семичева И. Р., Павлович Л. Б. Влияние тяжелых металлов на здоровье человека // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Новокузнецк, 01–03 июня 2016 г.). Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2016. С. 252-257. EDN: WYQGQF

6. Lubal MJ. Impact of Heavy Metal Pollution on the Environment. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*. 2024;45(11):97–105. DOI: 10.56557/upjoz/2024/v45i114074

Список источников

1. Baybotaeva AD, Kenzhalieva GD, Bosak VN. Heavy metals in soils of urbanized areas. *Vestnik Belorusskoy Gosudarstvennoy Sel'skokhozyaystvennoy Akademii.* 2019(4):126-130. (In Russ). EDN: QUDCVY

2. Zharikova EA. Assessment of heavy metals content and environmental risk in urban soils. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering.* 2021(1);332:164-173. (In Russ). DOI: 10.18799/24131830/2021/1/3009. EDN: IZRGUI

3. Nazarenko NN, Svistov AK. Heavy metals in soils of the left-bank district of Voronezh. *Theoretical and Applied Aspects of the Modern Science Development: A Collection of Scientific Articles Based on the proceedings of the First International Scientific and Practical Conference (Ekaterinburg, March 15, 2016)*. Ekaterinburg: IP Sigitov T. M., 2016:167-169. (In Russ). EDN: VXQBFN

4. Suleimanov I. The impact of heavy metals on the environment and human health (using the Chechen Republic as an example). *Young Scientist: Challenges and Prospects: A Collection of Articles Based on the Materials of the 5th International Scientific and Practical Conference.* Moscow: Internauka, 2016:97-102. (In Russ). EDN: VRDRWT

5. Bryzgalova AYu, Semicheva IR, Pavlovich LB. The impact of heavy metals on human health. *Science and Youth: Problems, Searches, Solutions: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference of Students, Postgraduates, and Young Scientists (Novokuznetsk, June 1–3, 2016)*. Novokuznetsk: Siberian State Industrial University, 2016:252-257. (In Russ). EDN: WYQGQF

6. Lubal MJ. Impact of Heavy Metal Pollution on the Environment. *Uttar Pradesh Journal of Zoology.* 2024;45(11):97–105. DOI: 10.56557/upjoz/2024/v45i114074

7. Добровольский Г. В. Значение почв в сохранении биоразнообразия // Почвоведение. 1996. № 6. С. 694-698. EDN: YQOMFO

8. Белюченко И. С. Лесозащитные полосы как фактор улучшения агроландшафтов и повышения их локального биоразнообразия // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2019. № 3. Т. 15. С. 42-54. EDN: NYGEBL

9. Аскаров К. А., Алимбетов К. К., Байтуякова Г. Т., Имашева Б. С., Раисова К. А Оценка риска здоровью населения, проживающего в регионе расположения Жезказганского медеплавильного завода ТОО “Kazakhmys Smelting” // Вестник Казахского национального медицинского университета. 2022. № 1. С. 521-529. DOI: 10.53065/kaznmu.2022.19.94.079. EDN: ILVCQT

10 Водяницкий Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2008. 164 с. EDN QKZOEF

11 Р 2.1.10.3968-23. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 232 с.

12. Барышникова О. С., Бухарина А. Д., Высоцкая Е. А. Экологический мониторинг состояния почвенных ресурсов воронежской области // Агроэкологический вестник: материалы Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы сельскохозяйственного производства» (Воронеж, 22 декабря 2020 г.). Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2020. С. 69-74. EDN: EDAFWA

13. Ананьевская А. С. Оценка геоэкологической ситуации Лискинского района на основании экологического мониторинга // География, экология, туризм: научный поиск студентов и аспирантов: материалы X Всероссийской научно-практической конференции (Тверь, 20 мая 2022 г.). Тверь: Тверской государственный университет, 2022. С. 11-14. EDN: SDLJBF

14. Епринцев С. А., Куролап С. А., Клепиков О. В., Шекоян С. В. Оценка факторов, косвенно влияющих на формирование интегрального показателя экологической безопасности (на примере городов Павловска и Нововоронежа) // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2023. № 8. Т. 1. С. 89-93. DOI: 10.23885/2500-395X-2023-1-8-89-93. EDN: XNRKZS

7. Dobrovolsky GV. The importance of soils in preserving biodiversity. *Pochvovedenie.* 1996(6):694-698. (In Russ). EDN: YQOMFO

8. Belyuchenko IS. Windbreaks as a factor of improving agricultural lands and enhance their local biodiversity. *The North Caucasus Ecological Herald.* 2019(3);15:42-54. (In Russ). EDN: NYGEBL

9. Askarov KA, Alimbetov KK, Baytuyakov GT, Imasheva BS, et al. Assessment of the health risk of the population living in the region of the Zhezkazgan copper smelting plant of Kazakhmys Smelting LLP. *Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo Meditsinskogo Universiteta.* 2022(1):521-529. (In Russ). DOI: 10.53065/kaznmu.2022.19.94.079. EDN: ILVCQT

10. Vodyanitsky YuN. Heavy metals and metalloids in soils. Moscow: Dokuchaev Soil Science Institute, 2008:164. (In Russ). EDN QKZOEF

11. R 2.1.10.3968-23. Guidelines for assessing the health risks of exposure to chemical contaminants of the environment. Moscow: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 2023:232. (In Russ).

12. Baryshnikova OS, Bukharina AD, Vysotskaya A. Environmental monitoring of the state of soil resources in the Voronezh Region. *Agroecological Bulletin: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Ecological Problems of Agricultural Production” (Voronezh, December 22, 2020).* Voronezh: Emperor Peter I Voronezh State Agrarian University, 2020:69-74. (In Russ). EDN: EDAFWA

13. Ananyevskaya AS. Assessment of the geoecological situation of the Liski District based on environmental monitoring. *Geography, Ecology, Tourism: Scientific Search of Students and Graduate Students: Proceedings of the 10th All-Russian Scientific and Practical Conference (Tver, May 20, 2022).* Tver: Tver State University, 2022:11-14. (In Russ). EDN: SDLJBF

14. Yeprintsev SA, Kurolap SA, Klepikov OV, Shekoyan SV. Assessment of factors indirectly influencing the formation of an integral indicator of environmental safety (on the example of the cities of Pavlovsk and Novovoronezh). *Ecology. Economy. Informatics. System Analysis and Mathematical Modeling of Ecological and Economic Systems.* 2023(8);1:89-93. (In Russ). DOI: 10.23885/2500-395X-2023-1-8-89-93. EDN: XNRKZS

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации

Фонова Светлана Ивановна, кандидат географических наук, доцент кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов им. профессора Ю. М. Борисова, строительный факультет, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия, sveta.27@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-7047-2300

Эпиташвили Алина Вадимовна, ассистент кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов им. профессора Ю. М. Борисова, строительный факультет, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия, a.epit@mail.ru, https://orcid.org/0009-0006-4029-1916

Чаплина Анна Валерьевна, студентка строительного факультета, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия, annaa06082001@mail.ru, https://orcid.org/0009-0004-0462-6753

Скопов Максим Витальевич, студент строительного факультета, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия, skopov.maks@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0007-2171-3287

Критерии авторства

Фонова С. И. – постановка цели и задач, методология, написание статьи, формулировка выводов; Эпиташвили А. В. – построение графического материала, обработка данных, написание статьи, формулировка выводов; Чаплина А. В. – проведение полевых исследований, обзор литературных источников, написание статьи; Скопов М.В. – проведение полевых исследований, обзор литературных источников, написание статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 11.12.2025
Одобрена после рецензирования 26.12.2025
Принята к публикации 29.12.2025

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Affiliations

Svetlana I. Fonova, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Professor Y. M. Borisov Department of Building Structures and Foundations, Faculty of Civil Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, sveta.27@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-7047-2300

Alina V. Epitashvili, Assistant, Professor Y. M. Borisov Department of Building Structures and Foundations, Faculty of Civil Engineering, Voronezh State Technical University, Russia, a.epit@mail.ru, https://orcid.org/0009-0006-4029-1916

Anna V. Chaplina, student, Faculty of Construction, Voronezh State Technical University, Russia, annaa06082001@mail.ru, https://orcid.org/0009-0004-0462-6753

Maksim V. Skopov, student, Faculty of Construction, Voronezh State Technical University, Russia, skopov.maks@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0007-2171-3287

Contribution of the authors

Fonova S. I. – setting aims and objectives, methodology, writing the paper, formulating conclusions; Epitashvili A. V. – creating graphical material, processing data, writing the paper, formulating conclusions; Chaplin A. V. – conducting field research, reviewing references and writing the paper; Skopov M. V. – conducting field research, reviewing references and writing the paper.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 11.12.2025
Approved after reviewing 26.12.2025
Accepted for publication 29.12.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 627.141.1
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-109-116
EDN: ZRWGTB

Современное состояние акватории водохранилища и прилегающей территории Кашхатауской гидроэлектростанции (Кабардино-Балкарская Республика)

©2025**Чигирова Л. Б.**✉
Высокогорный геофизический институт
Нальчик, Россия, leilyach@yandex.ru✉

РЕЗЮМЕ. Цель. Исследование современного состояния акватории водохранилища и прилегающей территории Кашхатауской ГЭС и развития русловых процессов на ней. **Материалы и методы.** В настоящей работе исходными данными являются натурные обследования горной и предгорной территории бассейна р. Черек и территории водохранилища в Черекском районе Кабардино-Балкарской Республики (КБР), выполненные в 2025 г., а также архивные материалы Высокогорного геофизического института. **Результаты.** Анализ результатов натурных обследований горной и предгорной территории бассейна р. Черек, а также водохранилища Кашхатауской ГЭС. Приведены данные о современном состоянии акватории водохранилища и прилегающей территории. При прохождении очередных селевых потоков по ручью Эки чат кол суу (на примере селепроявления 30 июня 2022 г.) сделан вывод о вероятности полного завала мостового проема селевыми выносами с последующим завалом федеральной автодороги и повреждением линии газопровода. **Выводы.** Ежегодно по рекам Черек Балкарский и Черек Хуламский выносится в устьевую часть от 680 до 1050 тыс. т твердого рыхлообломочного материала, поэтому и работы по очистке русел рек и акватории водохранилища тоже должны проводится ежегодно. Занесение русла р. Черек и подъем его уровня в пределах с. п. Бабугент может привести к подтоплению частных домовладений и размыву берегового склона кладбища. Предложены основные защитные мероприятия, реализация которых приведет к регулированию русловых процессов и снижению негативного воздействия водного потока на частные домовладения с. п. Бабугент в районе слияния рек Черек Хуламский и Черек Балкарский.

Ключевые слова: р. Черек, селепроявления, водохранилище, Кашхатауская ГЭС, речные наносы, склоновые процессы.

Формат цитирования: Чигирова Л. Б. Современное состояние акватория водохранилища и прилегающей территории Кашхатауской гидроэлектростанции (Кабардино-Балкарская Республика) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 4. С. 109-116. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-109-116. EDN: ZRWGTB

Current State of the Reservoir and Adjacent Territory of the Kashkhatau Hydroelectric Power Station (Kabardino-Balkarian Republic)

©2025**Leilya B. Chigirova**✉
High-Mountain Geophysical Institute
Nalchik, Russia, leilyach@yandex.ru✉

ABSTRACT. Aim. To investigate the current state of the reservoir and adjacent territory of the Kashkhatau hydroelectric power station and the development of channel processes there. **Materials and methods**. The initial data in this work are based on surveys of the mountainous and foothill areas of the Cherek River basin and the reservoir territory in the Cherek District of the Kabardino-Balkarian Republic (KBR), conducted in

2025, as well as archival materials of the High-Mountain Geophysical Institute. **Results.** Analysis of the survey's results of the mountainous and foothill territory of the Cherek River basin, as well as the Kashkhatau hydroelectric power station reservoir. Data on the current state of the reservoir and adjacent territory are provided. During the passage of the next mudflows along the Eki chat kol suu stream (using the mudflow occurrence on June 30, 2022 as an example), a conclusion was made about the probability of complete blockage of the bridge opening by mudflows, followed by blockage of the federal highway and damage to the gas pipeline. **Conclusions.** Each year, the Cherek Balkarsky and Cherek Khulamsky rivers carry between 680,000 and 1,050,000 tons of solid, loose debris into the estuary. Therefore, riverbed and reservoir cleanup efforts must also be carried out annually. Contamination of the Cherek Riverbed and rising water levels within the Babugent village could lead to flooding of private homes and erosion of the cemetery's coastal slope. Key protective measures have been proposed, the implementation of which will regulate riverbed processes and reduce the negative impact of water flow on private homes in the Babugent village near the confluence of the Cherek Khulamsky and Cherek Balkarsky rivers.

Keywords: The Cherek river, mudflows, reservoir, Kashkhatau hydroelectric power station, river sediments, slope processes.

For citation: Chigirova LB. Current State of the Reservoir and Adjacent Territory of the Kashkhatau Hydroelectric Power Station (Kabardino-Balkarian Republic). *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2025;19(4):109-116. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-4-109-116. EDN: ZRWGTB

Введение

Большую часть территории КБР занимают предгорные и горные районы, где активно развиваются склоновые процессы, такие как оползни, сели, обвалы и т. д. В верховьях Черекского ущелья за весенне-летний период выпадают обильные ливневые осадки, которые обычно сопровождаются сходами селевых потоков по притокам рек Черек Балкарский (25 селевых водотоков) и Черек Хуламский (32 селевых водотока) [1]. В связи с большими уклонами русел рек вынесенный селями рыхло-обломочный материал уносится потоком на большие расстояния, постепенно откладываясь ниже по течению. Нужно отметить, что в селеобразовании участвуют три основных фактора: обильные осадки, большие уклоны и наличие рыхлообломочного материала в русле. Эти факторы следует учитывать при разработке противоселевых мероприятий, направленных на регулирование русловых процессов и минимизацию ущерба инфраструктуре населенных пунктов, и, главное, безопасности населения.

В связи с активизацией рекреационного развития горных территорий в КБР (Постановление Правительства Российской Федерации [2] и Соглашение № С-12-ОС/Д25 о создании на территории Черекского, Чегемского, Эльбрусского районов Кабардино-Балкарской Республики туристско-рекреационной особой экономической зоны от 21.01.2011 г. [3]) становится все более актуальным вопрос защиты территории от склоновых процессов.

Цель работы – исследование современного состояния акватории водохранилища Кашхатауской ГЭС и развития русловых процессов на прилегающей территории.

Материал и методы исследований

В настоящей работе исходными данными являются натурные обследования горной и предгорной территории бассейна р. Черек, акватория водохранилища в Черекском районе КБР, выполненные автором в 2025 г., анализ литературных источников [1-10], а также архивные материалы Высокогорного геофизического института [4].

Результаты и их обсуждение

Территория Черекского района расположена в горной части КБР. Река Черек – самый крупный правый приток р. Баксан. Общая протяженность реки – 79 км, площадь бассейна – 3070 км^2. Питание реки смешанное: дождевое, ледниковое и грунтовое [4]. Черек образуется от слияния рек Черек Балкарский и Черек Хуламский (Безенгийский) в районе с. п. Бабугент. Река Черек Балкарский длиной 54 км имеет водосборную площадь 701 км^2, берет свое начало с ледников Большого Кавказского хребта, р. Черек Хуламский – с ледников Безенги и Мижирги в верховьях Безенгийского ущелья. Длина реки составляет 51 км, водосборная площадь – 627 км^2. Водный режим р. Черек в основном определяется таянием ледников и снега в верхней высокогорной части бассейна. Средняя скорость течения – 1,5-2,5 м/с, ширина на отдельных участках может достигать 80 м. Роль осадков и грунтовых вод в питании сравнительно не велика. В среднем продолжительность половодья на р. Черек длится с апреля по сентябрь и составляет 6 месяцев.

Ниже слияния рек Черек Балкарский и Черек Хуламский, примерно в 1 км, находится плотина водохранилища Кашхатауской ГЭС, введенная в эксплуатацию в 2006 г. (рис. 1). Образованное в результате строительства плотины водохранилище затопило всю пойму р. Черек Балкарский, создав подпор прибрежной полосы в черте с. п. Бабугент [6; 7]. Ширина поймы на данном участке составляет от 160 до 215 м. В результате образования водохранилища скорости водных потоков рек Черек Балкарский и Черек Хуламский резко снизились и влекомые наносы начали откладываться непосредственно в районе с. п. Бабугент и акватории водохранилища [8]. За время эксплуатации Кашхатауской ГЭС (19 лет) площадь водохранилища более чем на 90 % заполнилась твердым материалом, выносимым реками Черек Балкарский и Черек Хуламский (рис. 2, 3). Причем выносы р. Черек Хуламский имеют более крупные фракции по сравнению с выносами р. Черек Балкарский. Это, прежде всего, связано с тем, что скорость потока на р. Черек Хуламский больше, чем у р. Черек Балкарский.

В ноябре 2025 г., с наступанием меженного периода, начались руслоочистные работы в устье р. Черек Хуламский и на акватории водохранилища (рис. 4). Работы по очистке русла необходимы и в пойме р. Черек Балкарский на участке, прилегающем к с. п. Бабугент.

На правом берегу устья р. Черек Хуламский находится кладбище с. п. Бабугент. Склон на этом участке подвержен размывам в паводковый период. Для защиты берегового склона от размыва ежегодно на данном участке сооружается насыпная дамба из местного материала.

Количество выносимого рыхлообломочного материала зависит от паводочного режима рек, а также от интенсивности селепроявлений в верховьях бассейнов рек. Ежегодно в среднем по рекам Черек Балкарский и Черек Хуламский проходят от 4 до 5 паводков, которые переносят основной объем рыхлообломочного материала с верховьев в устьевую часть русел. Отложения наносов на устьевом участке р. Черек-Безенгийский приведет к повышению уровня дна русла и под мостовыми пролетами (при непринятии защитных мер), что является неизбежным процессом как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективах. При паводковых (повышенных) расходах воды в реке следует ожидать затора и завала наносами старого моста, находящегося выше по течению, в 50 м от нового моста, при въезде в с. п. Бабугент, и водопровода с последующим подпором уровня воды, размывом и повреждением береговых устоев нового моста и проходящих здесь инженерных коммуникаций (линий газопровода и водоснабжения, канализации).



Рис. 1. **Картосхема расположения акватории водохранилища и прилегающей территории Кашхатауской ГЭС**

Fig. 1. Map of the location of the reservoir and the adjacent territory of the Kashkhatau hydroelectric power station



Рис. 2. **Заполненная наносами акватория водохранилища**
Fig. 2. The reservoir's water area is filled with sediment



Рис. 3. **Водный поток р. Черек оттеснен отложениями наносов к правому берегу**
Fig. 3. The water flow of the Cherek River is pushed back to the right bank by sediment deposits



Рис. 4. **Руслоочистные работы в устье р. Черек Хуламский в районе кладбища с. п. Бабугент**
Fig. 4. Riverbed cleaning works at the mouth of the Cherek Khulamsky River in the area of the cemetery of Babugent rural settlement



Рис. 5. **Затор из ветвей и стволов деревьев, образованный у опоры линии газопровода (30.06.2022 г.)**
Fig. 5. A blockage of tree branches and trunks formed near a gas pipeline support (June 30, 2022)



Рис. 6. **Мостовой проем, заполненный селевыми выносами ручья Эки чат кол суу**
Fig. 6. Bridge opening filled with mudflows of the Eki chat kol suu stream

Заполнение твердыми выносами рек рабочего объема водохранилища привело к созданию подпора и для устья левобережного ручья Эки чат кол суу (местное название, 4-06, Безымянный, в Кадастре [1]). Ручей Эки чат кол суу, с расходом примерно 20-30 л/с, находится в 150 м ниже от устья р. Черек Хуламский. Русло ручья Эки чат кол суу пересекает федеральную автодорогу Урвань – Уштулу на въезде в с. п. Бабугент.

На данном участке автодороги сооружен мост через русло ручья Эки чат кол суу с проемом размерами 3,5Ч2 м. Через данный ручей, в 7 м выше моста, на высоте 0,8-1,0 м от земной поверхности протянута линия газопровода с ответвлением меньшего сечения, которое проходит на противоположную сторону автодороги под мостом. Повреждение данной линии газопровода оставит без газоснабжения четыре сельских поселения, расположенных выше по течению (Бабугент, Верхняя Балкарии, Кара-суу, Безенги), а также два погрангородка, зону отдыха «Голубые озера», альплагерь «Безенги», гостиничные комплексы в верховьях Черекского ущелья.

По данным гидропоста «Бабугент» 30 июня 2022 г. в районе с. п. Бабугент выпало 35,4 мм осадков [4]. В этот день по руслу ручья Эки чат кол суу сошел грязекаменный поток с включениями стволов и веток деревьев. Высота потока, определенная по следам на опоре газопровода, достигала до 0,5 м. Основная масса селевых выносов в русле отложилась примерно в 7 м выше от мостового проема из-за образовавшегося затора из коряг и стволов деревьев, застрявших в стволе растущего в русле дерева и у опоры линии газопровода. Объем грязекаменных отложений составлял примерно 40-50 м^3 (рис. 5). В настоящее время просвет мостового проема составляет около 0,8 м, то есть заполнен наносами примерно на 60 % (рис. 6). Если бы не затор из ветвей и стволов деревьев, селевые выносы ручья Эки чат кол суу могли бы полностью завалить мостовой проем с повреждением линии газопровода и выплеснулись бы на автодорогу. При очередных сходах селей по ручью Эки чат кол суу остается вероятность полного завала мостового проема селевыми выносами с последующим завалом федеральной автодороги и повреждением линии газопровода.

Заключение

Селевые и наносоводные потоки, обладая чрезвычайно высокой транспортирующей способностью, значительно деформируют русла рек (особенно в нижнем течении). Под воздействием выносимого потоком рыхлообломочного материала русло реки изменяется, поток воды постоянно меняет свое направление и происходит формирование нового русла, которое часто приводит к размыву береговых склонов.

Ежегодно по рекам Черек Балкарский и Черек Хуламский выносится в устьевые части от 680 до 1050 тыс. т твердого рыхлообломочного материала, поэтому и работы по очистке русел рек и акватории водохранилища тоже должны проводится ежегодно. Занесение русла реки и подъем его уровня в пределах с. п. Бабугент может привести к подтоплению частных домовладений и размыву берегового склона кладбища с. п. Бабугент.

По результатам проведенных исследовательских работ предлагаются комплексные защитные мероприятия, реализация которых приведет к регулированию русловых процессов в районе слияния рек Черек Балкарский и Черек Хуламский и акватории водохранилища, а также снижению негативного воздействия водного потока на частные домовладения с. п. Бабугент:

– проведение защитных противооползневых и противоселевых мероприятий в верховьях рек Черек Балкарский и Черек Хуламский с целью уменьшения объема выносов рыхлообломочного материала в русло основной реки;

– устройство в верхнем течении русла р. Черек Хуламский специальных сквозных сооружений для задержания и аккумуляции рыхлообломочных влекомых наносов;

– устройство в нижнем течении р. Черек Хуламский карьера с постоянным отбором и вывозом отложившихся гравийно-галечниковых наносов;

– устройство селезадерживающего сооружения в русле ручья Эки чат кол суу для защиты моста на автодороге федерального значения «Урвань – Уштулу»;

– устройство защиты линии газопровода в русле ручья Эки чат кол суу.

Список источников

1. Кондратьева Н. В., Аджиев А. Х., Беккиев М. Ю., Гедуева М. М. Перов В. Ф., Разумов В. В., Сейнова И. Б., Хучунаева Л. В. Кадастр селевой опасности Юга Европейской части России. М.; Нальчик: Феория, 2015. 148 с. EDN: VHKUJH

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 14.10.2010 г. № 833 «О создании туристического кластера в Северо-Кавказском федеральном округе, Краснодарском крае и Республике Адыгея» // Российская газета № 236 от 19.10.2010 г.

3. Соглашение от 21.01.2011 № С-12-ОС/Д25 о создании на территории Черекского, Чегемского, Эльбрусского районов Кабардино-Балкарской Республики туристско-рекреационной особой экономической зоны.

4. Разработка и совершенствование моделей и методов мониторинга снежных лавин, мониторинга селей, горных ледников, а также активного воздействия снежные лавины: отчет о НИР. Нальчик. ФГБУ «ВГИ», 2022. 288 с.

5. Тебуев Х. Х., Кундетов А. О., Тутаев А. А. Влияние строительства каскада ГЭС в Черекском ущелье на гидрологическую и экологическую обстановку // Известия Кабардино-балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2017. № 3(17). С. 76-83. EDN: VWVPVO

6. Батчаев И. И., Чигирова Л. Б. Развитие русловых процессов в р. Черек в результате строительства Кашхатауской ГЭС (КБР) // Природообустройство. 2022. № 1. С. 70-75. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-1-70-75. EDN: ADZEAF

7. Анахаев К. Н. Об основных природно-техногенных и экологических проблемах Кабардино-Балкарии // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2018. № 6(86). С. 53-61. EDN: VRZJGW

8. Барышников Н. Б., Попов И. В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 455 с. EDN: XJCNWB

9. Мезит А. Э. Экспликация концепта гидроэлектростанция в профессиональной языковой картине мира гидроэнергетиков // Известия Южного федерального университета. Филологические науки. 2020. № 2. С. 52-62. DOI: 10.18522/1995-0640-2020-2-52-62. EDN: YANTTU

10. Box GEP, Cox DR. An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological).* 1964;26(2):211-252

References

1. Kondratieva NV, Adzhiev AKh, Bekkiev MYu, Gedueva MM, et al. Mudflow hazard cadastre of the South of the Russian European Part. Moscow; Nalchik: Feoriya, 2015:148. (In Russ). EDN: VHKUJH

2. Resolution of the Government of the Russian Federation dated October 14, 2010, No. 833 “On the creation of a tourism cluster in the North Caucasus Federal District, Krasnodar Territory and the Republic of Adygea”. *Rossiyskaya Gazeta,* No. 236, October 19, 2010. (In Russ)

3. Agreement of January 21, 2011, No. S-12-OS/D25, on the Creation of a Tourism and Recreation Special Economic Zone in the Cherek, Chegem and Elbrus Districts of the Kabardino-Balkarian Republic. (In Russ)

4. Development and improvement of models and methods for monitoring snow avalanches, mudflows, mountain glaciers, and the active impact of snow avalanches: Research report. Nalchik. FSBI “ High-Mountain Geophysical Institute”, 2022:288. (In Russ)

5. Tebuev KhKh, Kundetov AO, Tutaev AA. Influence of the construction of a cascade of hydroelectric power station in the Cherek gorge on hydrological and ecological situation. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University Named After V. M. Kokov*. 2017(3(17):76-83. (In Russ). EDN: VWVPVO

6. Batchaev II, Chigirova LB. Development of riverbed processes in the Cherek river as a result of the construction of the Kashkhatau HPP (KBR). *Prirodoobustrojstvo*. 2022(1):70-75. (In Russ). DOI: 10.26897/1997-6011-2022-1-70-75. EDN: ADZEAF

7. Anakhayev KN. About the main natural – technogenic and environmental problems of Kabardino-Balkaria. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2018(6(86):53-61. (In Russ). EDN: VRZJGW

8. Baryshnikov NB, Popov IV. Dynamics of channel flows and channel processes. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1988:455. EDN: XJCNWB

9. Mezit AE. Hydroelectric power station concept explanation in professional language picture of the world. *Proceedings of Southern Federal University. Philology* 2020(2):52-62. (In Russ). DOI: 10.18522/1995-0640-2020-2-52-62. EDN: YANTTU

10. Box GEP, Cox DR. An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological).* 1964;26(2):211-252

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ
Принадлежность к организации

Чигирова Лейля Барасбиевна, научный сотрудник отдела экологических исследований, Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия, leilyach@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR
Affiliation

Leilya B. Chigirova, Researcher, Department of Environmental Research, High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia, leilyach@yandex.ru

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.12.2025
Одобрена после рецензирования 26.12.2025
Принята к публикации 29.12.2025

The article was submitted 12.12.2025
Approved after reviewing 26.12.2025
Accepted for publication 29.12.2025

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция принимает на рассмотрение научные статьи. Представляемые материалы должны быть оформлены в соответствии с настоящими Правилами и соответствовать тематической направленности журнала «**Известия Дагестанского государственного педагогического университета»**.

Верстка журнала осуществляется с электронных копий. Используется компьютерная обработка штриховых и полутоновых (в градациях серого) рисунков. Журнал изготавливается по технологии ризографной печати.

1. Текст статьи набирается в редакторе MS Word (с расширением .doc) шрифтом "Times New Roman" размером 14 через интервал 1,5 в формате А4. Поля текста стандартные. Все страницы должны быть пронумерованы.

2. Перед текстом статьи указываются:

индекс УДК (информацию о классификаторе УДК см. на сайтах http://teacode.com/ online/udc/ или http://www.udcc.org/) (на русском языке);

название статьи (на русском и английском языках);

фамилии и инициалы авторов, название учреждения, город, страна, эл. почта (на русском и английском языках);

резюме статьи объемом 10-15 строк, которое не должно дублировать вводный или заключительный раздел статьи (на русском и английском языках) и должно включать: цель, методы, результаты, выводы;

ключевые слова (5-10) (на русском и английском языках).

3. Изложение материала должно быть ясным и по возможности кратким. Текст и остальной материал следует тщательно выверить. Текст статьи должен быть структурирован, т. е. содержать цель исследования, материал и методы исследования, результаты и их обсуждение, заключение (выводы). Рукописи, направляемые в журнал, являются оригиналом для печати и должны являться материалом, не публиковавшимся ранее в других печатных изданиях.

4. Статьи, в которых отражаются результаты исследования, должны полностью отвечать требованиям, предъявляемым к их представлению.

5. Рисунки создаются в формате .jpg, вставляются непосредственно в текст и нумеруются в порядке их упоминания в тексте.

6. В тексте статьи все формулы набираются в редакторе Microsoft Equation 3.0, таблицы – в формате MS Word. Таблицы нумеруются в порядке их упоминания в тексте. Каждая таблица перед своим появлением должна упоминаться в тексте, например, «... (табл. 1).».

Сокращения в надписях не допускаются.

Наличие данных, по которым строится график, диаграмма.

В тексте статьи обязательно должны содержаться ссылки на иллюстративные материалы.

7. Ссылка на цитату указывается сразу после нее в квадратных скобках: сначала проставляется номер источника цитаты из пристатейного библиографического списка, затем, после запятой, номер страницы с буквой с. Например, [10, с. 81] или, если цитируемый текст переходит на следующую страницу, [10, с. 81-82]. За достоверность цитат ответственность несет автор!

8. Список литературы (с указанием всех авторов) дается в конце статьи, нумеруется (начиная с первого номера, в порядке цитирования), предваряется словом «Список источников» и оформляется согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008 (на русском, английском языках). В список литературы не включаются неопубликованные работы и учебники. Автор несет ответственность за правильность данных, приведенных в пристатейном библиографическом списке.

Перечень использованных источников должен начинаться с фамилии и инициалов автора и включать:

для книг – название, место и год издания, издательство, номер тома, страницы;

для журнальных статей – название журнала, год издания, номер тома (выпуска), страницы;

для газет – название, год, месяц, число.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

9. В конце статьи может быть указана организация (№ гранта), финансировавшая выполнение данной работы.

10. К статье прилагаются сведения об авторах на русском и английском языках:

для работников вузов/учебных организаций: Ф.И.О. полностью, ученое звание, занимаемая должность место работы (кафедра, факультет, вуз), город, страна; электронный адрес, контактные телефоны;

для аспирантов и соискателей: название кафедры, лаборатории, где проводится исследование, Ф.И.О. научного руководителя и его разрешение к публикации, город, страна; электронный адрес, контактные телефоны.

11. Статья должна быть представлена в электронном виде (в редакционно-издательский отдел ДГПУ или электронной почтой dgpurio@yandex.ru), а также в печатном варианте (в 2-х экземплярах на одной стороне листа формата А4), подписанном всеми авторами, для аспирантов и соискателей – и научным руководителем.

Решение о публикации статьи или материала принимается редколлегией журнала. При наличии замечаний к рукописи она возвращается для доработки. Редакция оставляет за собой право отправить рукописи статей на независимую экспертизу. При публикации статьи авторские права передаются редакции журнала.

Редакция оказывает платные услуги научного и технического редактирования текста статьи, перевода библиографического списка (References), аннотации и ключевых слов на английский язык.

ОБЪЯВЛЕНА ПОДПИСКА

на ЖУРНАЛ
«ИЗВЕСТИЯ ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА»

ПО КАТАЛОГУ «ПОЧТА РОССИИ»
ИНДЕКС
51323 – ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ
51392 – ОБЩЕСТВЕННЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ
31173 – ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПО ОБЪЕДИНЕННОМУ КАТАЛОГУ «ПРЕССА РОССИИ»
ИНДЕКС
38653 – ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ
38657 – ОБЩЕСТВЕННЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ
38652 – ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научный журнал

Известия Дагестанского государственного педагогического университета
серия «Естественные и точные науки»
Т. 19. № 4. 2025

Главный редактор: *З. В. Атаев*
Научный редактор: *З. В. Атаев*
Редактор: *Г. Н. Мирзоева*
Редактор английских текстов: *Г. Н. Мирзоева*
Компьютерная верстка: *М. А. Сулейманова*

Оригинал-макет подготовлен на базе
редакционно-издательского отдела ДГПУ

Адрес редакции, издателя: 367000 РД, г. Махачкала, ул. Магомеда Ярагского, 57.
Редакционно-издательский отдел ДГПУ
Тел.: (8722)561252; http://dagnat.elpub.ru; e-mail: dgpurio@yandex.ru

Формат 60x84$^{1}/_{8}$. Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
Усл. печ. л. 13,95. Уч.-изд. л. 9,8. Тираж 500 экз. Заказ № 2544. Цена 416 руб.

Адрес типографии: 367003 РД, г. Махачкала, ул. Сулеймана Стальского, 50

ELSEVIER

Scopus

ASEP
Association of Science Editors and Publishers

Elsevier, The Netherlands
Scopus Content Selection Advisory Board (CSAB)
Association of Science Editors and Publishers, Russia
Russian Content Selection Advisory Board (RCSAB)

CERTIFICATE
OF ATTENDANCE

GIVEN OUT TO SCIENTIFIC PERIODICAL

Известия ДГТУ.
Серия "Естественные и точные науки"

to confirm the attendance and presentation to the joint Scopus CSAB and Russian RCAB meeting.
At this meeting, compliance with international standards and selection criteria of the Scopus database, were discussed by experts of Scopus CSAB and Russian RCAB. This meeting took place during the 5th International Scientific and Practical Conference «World-Class Scientific Publication - 2016: Publishing Ethics, Peer-Review and Content Preparation»
(May 17, 2016 – May 20, 2016)

May 17-20, 2016

RANEPA
Moscow, Russia

K. Holland

Karen Holland
Scopus CSAB Subject Chair

ЗНАК КАЧЕСТВА
АНРИ

Kirillova

Olga V. Kirillova
Russian CSAB Chair, president ASEP

Журнал индексируется в библиометрических базах и размещается на платформах:



ISSN 1995-0675