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

Т. 19. № 2. 2025

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

СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ»



Известия ДГПУ

DAGESTAN STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY
JOURNAL
Natural and Exact Sciences

Т. 19. № 2. 2025
Vol. 19. No. 2. 2025

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. № 2. 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, чл.-корр. 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 26.09.2025 г.
Дата выхода в свет 30.09.2025 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.2. 2025

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.

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)*

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, Corresponding Member 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 26.09.2025
Published 30.09.2025

© 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, DSPU.
Phone: (8722) 561252; https://dgpu.net/ru/; e-mail: dgpurio@yandex.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Магомедов А. Г., Абакаргаджиева П. Р. ИНВЕРСИОННОЕ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИСМУТА С ДИАНТИПИРИЛМЕТАНОМ В ХЛОРОФОРМНО-ЭТАНОЛЬНОМ ЭКСТРАКТЕ 5

Руковицина В. М., Поздняков Д. И., Аджиахметова С. Л., Оганесян Э. Т. СИНТЕЗОКСИМОВ ПРОИЗВОДНЫХ ХРОМОН-3-АЛЬДЕГИДА И ДИГИДРОХАЛКОНА, ОКАЗЫВАЮЩИХ АНТИАМИЛОИДНОЕ ДЕЙСТВИЕ 12

Шубина А. А., Орлова Т. Н. СИНТЕЗ, УСТАНОВЛЕНИЕ СОСТАВА И КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ КОНСТАНТ УСТОЙЧИВОСТИ КОМПЛЕКСА LA(III) С МЕТИЛЭТИЛПИРИДИНОЛОМ И ГЕКСА(ИЗОТИОЦИАНО)ХРОМАТ-(III) АНИОНОМ 21

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Алиев Ш. М., Атаев З. В., Акавова Г. К. СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН 32

Бочкарев Н. П., Кудрявцев М. А., Лобанов И. И., Вавилин Д. А., Суродеев М. С. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ВЕТРОЗАЩИТНЫХ ПОЛОС НА СОСТОЯНИЕ АГРОГЕОСИСТЕМ: НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ 41

Гаджиева З. М., Набиев О. С. ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН И РЕКРЕАЦИОННОЕ ОСВОЕНИЕ РЕГИОНА 50

Мельничук А. Ю., Якобчак О. Ю., Суббота И. Л. МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА 58

Николаев И. А., Нехаева Н. Е., Семина И. А. СПОРТИВНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА: ПОНЯТИЕ, ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И ГЕОГРАФИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 66

Разумов В. В. К ПРОБЛЕМЕ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ КАРТ УЧАСТКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА, ПОДВЕРЖЕННЫХ ОПОЛЗНЕВЫМ И ОБВАЛЬНО-ОСЫПНЫМ ПРОЦЕССАМ 79

Рунков С. И., Маскайкин В. Н. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ МОРДОВИИ 92

Фомина Н. В., Луговской А. М. КЛАССИФИКАЦИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г. БАЛАКОВО) 100

ИНФОРМАЦИЯ. ХРОНИКА. ЮБИЛЕИ

К 65-ЛЕТИЮ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА ЖУРНАЛА «ИЗВЕСТИЯ ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ» АТАЕВА ЗАГИРА ВАГИТОВИЧА 108

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ 117

CONTENTS

CHEMICAL SCIENCES

Magomedov A. G., Abakargadzhieva P. R. STRIPPING VOLTAMMETRIC DETERMINATION OF BISMUTH WITH DIANTIPYRYLMETHANE IN CHLOROFORM-ETHANOL EXTRACT.....5

Rukovitsina V. M., Pozdnyakov D. I., Adzhiakhmetova S. L., Oganesyan E. T. SYNTHESIS OF OXIMES OF CHROMONE-3-ALDEHYDE AND DIHYDROCHALCONE DERIVATIVES WITH ANTIAMYLOID ACTIVITY 12

Shubina A. A., Orlova T. N. SYNTHESIS, COMPOSITION DETERMINATION AND QUANTUM-CHEMICAL PREDICTION OF STABILITY CONSTANTS OF THE LA(III) COMPLEX WITH METHYLETHYLPYRIDINOL AND HEXA(ISOTHIOCYANO)CHROMATE-(III) ANION 21

EARTH SCIENCE

Aliev Sh. M., Ataev Z. V., Akavova G. K. CURRENT GEOGRAPHICAL FEATURES OF TOURISM DEVELOPMENT IN THE REPUBLIC OF DAGESTAN.....32

Bochkarev N. P., Kudryavtsev M. A. Lobanov I. I., Vavilin D. A., Surodeev M. S. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FOREST PLANTATIONS AND WINDBREAKS IMPACT ON THE AGROECOSYSTEMS STATE (THE BELGOROD REGION).....41

Gadzhieva Z. M., Nabiev O.S. NATURAL HAZARDS IN THE REPUBLIC OF DAGESTAN AND ITS RECREATIONAL DEVELOPMENT 50

Melnichuk A. Y., Yakobchak O. Y., Subbota I. L. MONITORING OF LANDS IN THE COMPLEX ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE SOUTHERN COAST OF CRIMEA.....58

Nikolaev I. A., Nekhaeva N. E., Semina I. A. SPORTS INFRASTRUCTURE: CONCEPT, DEVELOPMENT FEATURES AND GEOGRAPHY IN THE RUSSIAN FEDERATION 66

Razumov V. V. ON THE PROBLEM OF CREATING DIGITAL MAPS FOR HIGHWAYS SECTIONS IN THE NORTH CAUCASUS EXPOSED TO LANDSLIDE AND ROCKFALL-SCREE PROCESSES 79

Runkov S. I., Maskaykin V. N. FEATURES OF THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF GLACIAL DEPOSITS IN MORDOVIA.....92

Fomina N. V., Lugovskoy A. M. CLASSIFICATION FOR ANTHROPOGENIC LANDSCAPES OF URBANIZED TERRITORIES (AS EXEMPLIFIED IN BALAKOVO CITY) 100

INFORMATION. CHRONICLE. ANNIVERSARIES

ON THE 65TH ANNIVERSARY OF THE EDITOR-IN-CHIEF OF THE JOURNAL "NEWS OF THE DAGESTAN STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY. NATURAL AND EXACT SCIENCES" ZAGI-R VAGITOVICH ATAYEV.....108

RULES FOR AUTHORS.....117

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Химические науки / Chemical Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 543.5
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-5-11
EDN: YGHATY

Инверсионное вольтамперометрическое определение висмута с диантипирилметаном в хлороформно-этанольном экстракте

© 2025**Магомедов А. Г., Абакаргаджиева П. Р.**✉
Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова
Махачкала, Россия, anvar-magomedov07@mail.ru, patimat_ram@mail.ru✉

РЕЗЮМЕ. Целью работы является разработка способа инверсионно-вольтамперометрического определения микроколичеств висмута непосредственно в хлороформном экстракте с применением диантипирилметана. **Материалы и методы.** Для понижения нижней границы определяемых содержаний ($C_н$) висмута непосредственно в хлороформно-этанольном экстракте мы воспользовались инверсионно-вольтамперометрическим методом с линейной развёрткой потенциала. Этот метод является одним из наиболее эффективных способов определения микроконцентраций металла. Для инверсионных определений применяли то же аппаратурное оформление, реактивы, растворы, что для обычной вольтамперометрии с заменой ртутно-капающего электрода (РКЭ) на стационарный ртутный электрод (СРЭ). **Результаты.** Для висмута, определённого непосредственно в хлороформно-этанольном экстракте с диантипирилметаном, существует прямая пропорциональная зависимость между величиной аналитического сигнала и концентрацией деполяризатора, градуировочный график проходит через начало координат. Это позволяет применять разработанную методику для количественного определения висмута и пользоваться как градуировочным графиком, так и методом стандартных добавок. **Выводы.** Изучено влияние параметров электрохимического накопления висмута на стационарном ртутном электроде. На этой основе разработана методика вольтамперометрического определения висмута непосредственно в хлороформно-этанольных экстрактах.

Ключевые слова: диантипирилметан, висмут, экстракт, электрод, инверсионная вольтамперометрия, хлороформ, потенциометр.

Формат цитирования: Магомедов А. Г., Абакаргаджиева П. Р. Инверсионное вольтамперометрическое определение висмута с диантипирилметаном в хлороформно-этанольном экстракте // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 2. С. 5-11. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-5-11. EDN: YGHATY

Stripping Voltammetric Determination of Bismuth with Diantipyrylmethane in Chloroform-Ethanol Extract

© 2024**Anver G. Magomedov, Patimat R. Abakargadzhieva**✉
Gamzatov Dagestan State Pedagogical University
Makhachkala, Russia, anvar-magomedov07@mail.ru, patimat_ram@mail.ru✉

ABSTRACT. The **aim** of the paper is to develop a method for stripping voltammetric determination of bismuth microquantities directly in chloroform extract using diantipyrylmethane. **Materials and methods.** To reduce the lower limit of the determined contents ($C_н$) of bismuth directly in the chloroform-ethanol extract, we used the stripping voltammetric method with a linear potential sweep. This method is one of the most effective ways to determine metal microconcentrations. For stripping determinations, we used the same equipment, reagents and solutions as for conventional voltammetry with the replacement of the mercury-dripping electrode (MDE) with a stationary mercury electrode (SME). **Results.** For bismuth determined directly in the chloroform-ethanol extract with diantipyrylmethane, there is a direct proportional relationship between the analytical signal value and the depolarizer concentration, the calibration graph passes through the origin. This makes it possible to apply the developed method for quantitative determination of bismuth and use both the calibration graph and the method of standard additions. **Conclusions**. It was studied the influence of the parameters of bismuth electrochemical accumulation on a stationary mercury electrode. On this basis, a method for voltammetric determination of bismuth directly in chloroform-ethanol extracts was developed.

Keywords: diantipyrylmethane, bismuth, extract, electrode, stripping voltammetry, chloroform, potentiometer.

For citation: Magomedov AG, Abakargadzhieva PR. Stripping Voltammetric Determination of Bismuth with Diantipyrylmethane in Chloroform-Ethanol Extract. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2025; 19(2):5-11. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-5-11 EDN: YGHATY

Введение

Следствием развития промышленности, применения химических препаратов в сельском хозяйстве, роста урбанизации является повышение опасности загрязнения поверхностных вод различными вредными соединениями, в том числе такими токсичными металлами, как кадмий, висмут, свинец. Всё это предъявляет повышенные требования к информации о химическом составе [1-3].

Развитие науки и технологии привело к значительному расширению задач, решаемых методами аналитической химии, что в свою очередь породило новые аналитические проблемы. Необходимо создать надёжные и селективные методы аналитического контроля самых разнообразных объектов. Постоянно ощущается необходимость в простых по выполнению и экспрессных методиках, которые позволяли бы определять анализируемое соединение в сложной по составу смеси без предварительного трудоёмкого отделения и были бы пригодны для определения как основного вещества, так и примесей [3-5].

В природных водах металлы присутствуют в виде различных физико-химических форм, природа которых и определяет степень токсичности рассматриваемых металлов. Лабильные формы часто обладают намного большей токсичностью, чем металл, связанный в устойчивые соединения. Поэтому определение только валового содержания металлов не удовлетворяет возросшие требования гидрохимического анализа.

Материал и методы исследования

Применяемый нами метод инверсионной вольтамперометрии является высокоэффективным способом концентрирования и определения микроколичеств металлов [6; 7].

Нами разработан способ инверсионно-вольтамперометрического определения микроколичеств висмута непосредственно в хлороформном экстракте с применением диантипирилметана.

Для инверсионных определений применяли аппаратурное оформление, реактивы, растворы, как и для обычной вольтамперометрии, но с заменой ртутного капающего электрода на стационарный ртутный электрод – висящую ртутную каплю.

1. Изготовление и использование стационарного ртутного электрода

Для изготовления СРЭ использовали платиновую проволоку диаметром 0,2-0,4 мм, которую впаивали в стеклянную трубку с диаметром 5 мм. Стационарный ртутный электрод представляет собой ртутную каплю радиусом 0,043 см, электролитически выделенную с помощью потенциостата модели П-5827М на предварительно амальгамированном платиновом контакте из насыщенного и подкисленного азотной кислотой раствора $Hg_2(NO_3)_2$.

Инверсионные вольтамперометрические определения проводили при перемешивании раствора магнитной мешалкой марки ММ-1 и запаянной в полиэтилен небольшого магнитика. Растворённый в воде кислород удаляли пропусканием через раствор аргона высокой чистоты. Кислотность исследуемых растворов контролировали при помощи pH-метра и иономера ЭВ-74 со стеклянными электродами ЭСЛ-41Г-04 и ЭСЛ-43-07 и электродом сравнения ЭВЛ-1М3. В работе пользовались посудой из кварцевого стекла. Растворы солей, фона и буфера готовили на бидистиллированной воде из реактивов марки «х. ч.» и «ч. д. а.», очистив их дополнительно.

Самым важным для хорошего функционирования электрода и совершенного покрытия контакта ртутью является качество поверхности используемой платины. Платина плохо смачивается ртутью, так как поверхностный слой оксидов мешает амальгамированию. Его удаляют механически (шлифовкой, полировкой), химически (минеральными кислотами) или электролитическим способом. Конкретная обработка зависит от размера контакта и его формы. Из многих описанных способов подготовки контакта мы предпочли способ, предложенный авторами [4].

Вспомогательный электрод – электрод Фишера, электрод сравнения – насыщенный каломельный электрод, который соединялся с раствором азотнокислой закисной ртути электролитическим мостиком, заполненным раствором насыщенного KNO_3.

В течение определённого времени электролитически осаждали ртутную каплю, установив на потенциостате П-5827М гальваностатический режим.

Стационарный ртутный электрод затем промывали в азотной кислоте (1:1) и ополаскивали в бидистиллированной воде. Электрод хранили в колбе с бидистиллятом, подкисленным HNO_3 до pH = 2, что даёт возможность предохранить ртуть от окисления атмосферным кислородом. Ртутная капля на таком контакте держится очень надёжно. С одной каплей можно работать весьма продолжительное время.

2. Выбор оптимальных размеров ртутной капли стационарного ртутного электрода

На величину регистрируемого пикового тока оказывает влияние размер ртутной капли. Он зависит от силы тока и времени электролиза. Размеры его можно определить расчетным методом с использованием закона Фарадея и экспериментально. Полученные величины r_0 совпадают. Размеры ртутной капли регулируют как временем электролиза, так и силой тока.

Это видно из графиков зависимостейr_0 от $t_{эл.Hg}$(рис. 1), и r_0 от $I_{эл.Hg}$(рис. 2).

Небольшие радиусом капли не могут обеспечить достаточно низких $C_н$, а значительное увеличение r_0 приводит к обрыву капли под действием своей силы тяжести и к расширению пиков из-за большей диффузии металла внутрь капли, а также увеличивается ёмкостный ток.

В результате эксперимента в качестве оптимальной мы выбрали время электролиза – 60 сек., силу тока электролиза ртутной капли 40 мкА.

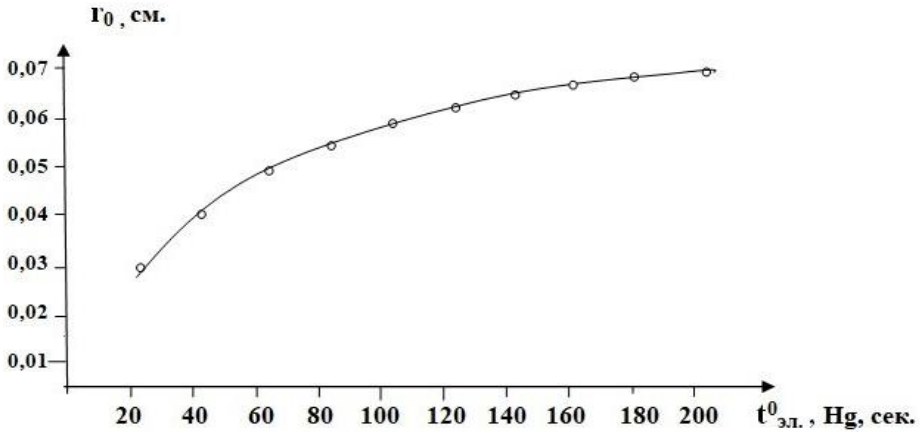


Рис. 1. **Зависимость радиуса ртутной капли r_0 от времени электролиза $t^0_{эл.}$ при $I_{эл.}$= 40 мА**
Fig. 1. Dependence of the radius of a mercury drop r_0 on the electrolysis time $t^0_{el.}$ at $I_{el.}$ = 40 mA

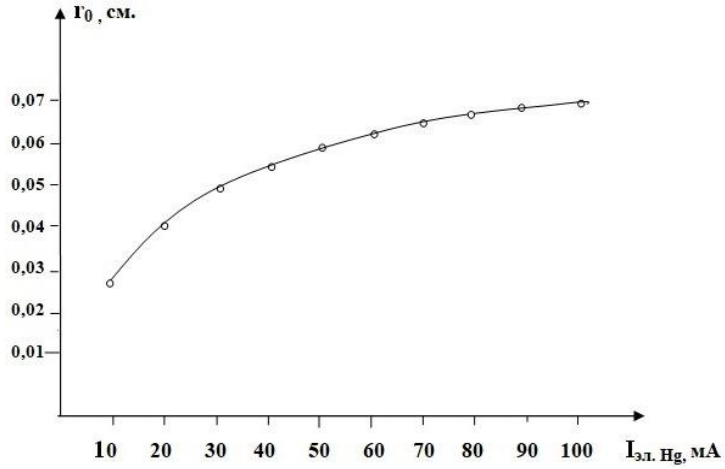


Рис. 2. **Зависимость радиуса ртутной капли r_0 от силы тока электролиза $I_{эл.}$ при времени t = 60 сек.**

Fig. 2. Dependence of the radius of a mercury drop r_0 on the electrolysis current $I_{el.}$ at time t = 60 sec.

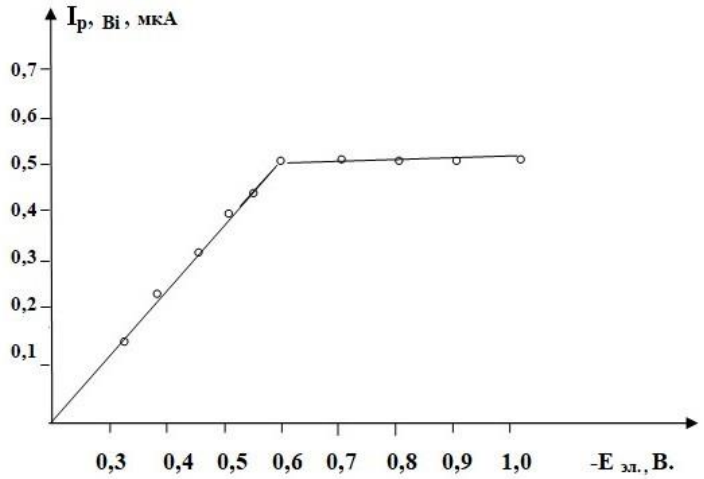


Рис. 3. **Зависимость I_p, Bi от $-E_{эл.}$ Время электролиза 5 мин. $C_{Bi} = 6{,}4 \cdot 10^{-7}$М**

Fig. 3. Dependence of I_p, Bi on $-E_{el.}$ Electrolysis time is 5 min. C_{Bi} = 6.4·10-7M

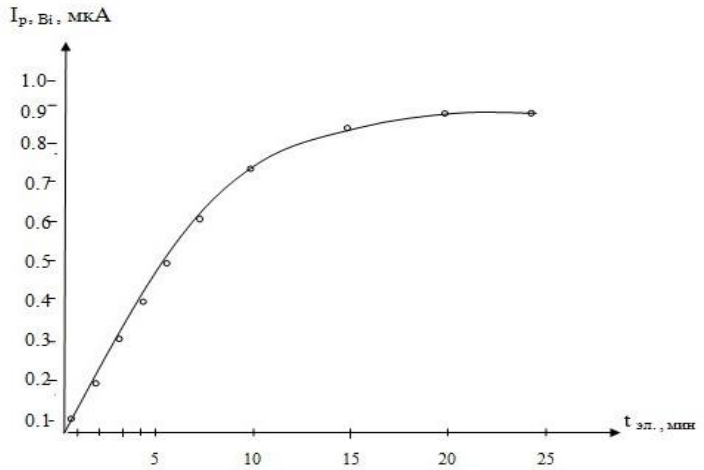


Рис. 4. **Зависимость I_p, Bi мкА от времени накопления ($t_{эл.\,мин}$) ($E_{эл.}$= -0,8В; $C_{Bi} = 6{,}4 \cdot 10^{-7}$М)**

Fig. 4. Dependence of I_p, Bi μA on accumulation time ($t_{el.min}$) ($E_{el.}$=-0,8В; $C_{Bi} = 6{,}4 \cdot 10^{-7}$M)

3. Выбор потенциала предварительного электрохимического накопления висмута (III)

Мы изучили влияние потенциала электролиза на пиковый ток висмута. Определение проводили при потенциале электролиза ($E_{эл}$), соответствующем максимальному току пика. Это видно из графика снятой нами зависимости тока пика висмута от потенциала предварительного электрохимического накопления висмута (III) (рис. 3).

При дальнейшем увеличении потенциала электролиза высота пика не меняется, но остаётся на одном уровне.

Это происходит, по-видимому, действием некоторых побочных реакций, происходящих в экстракте.

Следовательно, используя начало графика в пределах $E_{эл}$ от -0,3 до -0,7В, легко вычислить и определить наличие висмута в растворе. Концентрация висмута в ртутной амальгаме очень большое, в конце накопления даже выше, чем в растворе.

4. Выбор продолжительности предварительного накопления висмута

Величина нижнего предела содержания металла во многом зависит от времени проведения электролиза. Электролиз не должен вестись очень долго, тогда можно потерять прямую пропорциональность между током и временем электролиза.

Это видно из графика снятой нами зависимости тока пика висмута от времени накопления (рис. 4).

Для достижения минимальной $C_н$ висмута продолжительность предварительного электролиза при концентрации $6{,}4\cdot10^{-7}$М и $E_{эл.}$ равном -0,8В не должен превышать 5 мин.

Наши экспериментальные данные по выбору продолжительности предварительного накопления на стационарном ртутном электроде соответствуют выводам о характере зависимости I_p от $t_{эл.}$ которые были изучены многими авторами [1; 4; 7].

Эффективность электролиза с увеличением его продолжительности уменьшается. Видимо, снижение эффективности накопления связано с тем, что скорость диффузии атомов металлов вглубь капли становится равной скорости электрического осаждения металлов.

Поэтому увеличение времени электролиза более, чем на 25 мин. не имеет смысла.

Мы использовали в своём эксперименте висящую ртутную каплю, имея в виду, что наше измерение проводится в течение 25 мин., когда раствор имеет концентрацию висмута $6{,}4\cdot10^{-7}$М.

5. Регистрация вольтамперограмм висмута (III)

Сначала выяснили влияние начального напряжения ($E_н$) на поляризационные кривые висмута. Для этого начальный потенциал изменяли от -1,0В и меньше.

Отметили, что изменение $E_н$ от -1,0В до -0,6В не влияет на форму пика. Снижение $E_н$ до -0,4В затрудняет измерение высоты пика висмута из-за укорачивания верхней площадки, при -0,3В пик совсем исчезает. В связи с тем, что в анализируемых объектах присутствуют посторонние металлы, которые могут давать пики при потенциалах, близких к потенциалу E_p висмута (медь, сурьма и т. д.), надо учитывать это условие. Пик висмута исчезал с поляризационной кривой в течение времени деполяризации ($t_{деп}$), равного 5-8 мин. Поэтому, чтобы можно было работать на одной и той же капле ртути длительное время, необходимо после каждого очередного определения деполяризовать ртутную каплю в течение 10 мин.

Таким образом, на основании всех предварительных исследований мы выбрали следующие условия регистрации вольтамперограмм висмута:

$I_{эл.}$= 40мкА; $t_{эл.\ Hg}$ = $60_{сек.}$; $t_{эл.Bi}$ = 5 мин. при $[Bi^{3+}] = 6{,}4\cdot10^{-7}$М,

при$[Bi^{3+}] = 6{,}4\cdot10^{-8}$М – 15 мин.;

и 30 мин. при $[Bi^{3+}] = 6{,}4\cdot10^{-9}$М;

$E_{эл.Bi}$=-0.8 В; $t_{усп.}$= $60_{сек}$; $E_н$ = -0.45 В; $t_{деп.}$ = 10 мин.

Все эти условия инверсионного анализа получены при изучении модельных растворов непосредственно в хлороформно-этанольном растворе висмута.

6. Зависимость пикового тока висмута от его концентрации в анализируемом растворе (I_p-C_{Bi})

Количественное определение висмута (III) возможно только при наличии определённой зависимости регистрируемого аналитического сигнала от его концентрации в растворе. Так как максимальный ток вольтамперных кривых находится в прямой зависимости от концентрации деполяризатора, то и мы своим исследованием подтверждаем это.

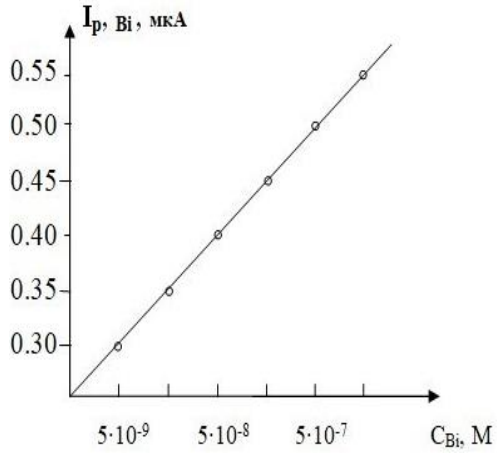


Рис. 5. **Градуировочный график для определения висмута**
Fig. 5. Calibration graph for the determination of bismuth

При выбранных оптимальных условиях мы изучили зависимость максимального тока висмута от концентрации его в растворе. Градуировочный график приведён на рисунке 5.

Исследование начинали с концентрации 10^{-10}М. Пик висмута появился на экране осциллополярографа, начиная с концентрации $5\cdot10^{-9}$М.

Наблюдаемые искажения вызываются возрастанием ёмкостного тока, который увеличивается с уменьшением концентрации [2; 4].

Для выяснения вида градуировочного графика при большом интервале концентраций зависимость пикового тока$I_{p.Bi}$ от концентрации С мы исследовали до концентрации висмута равной $6{,}4\cdot10^{-7}$М.

Для висмута, определённого непосредственно в хлороформно-этанольном экстракте с диантипирилметаном, существует прямая пропорциональная зависимость между величиной аналитического сигнала и концентрацией деполяризатора, градуировочный график проходит через начало координат. Это позволяет применять разработанную методику для количественного определения висмута и пользоваться как градуировочным графиком, так и методом стандартных добавок.

Аналитическая пригодность методики анализа не должна ограничиваться исследованием количественной зависимости регистрируемого сигнала от содержания определяемого компонента. Оно требует метрологической обработки полученных данных. Статистическую обработку результатов анализа проводили в соответствии с рекомендациями Международного союза теоретической и прикладной химии – ИЮПАК.

Заключение

Изучено влияние параметров электрохимического накопления (размер ртутной капли стационарного ртутного электрода, потенциал предварительного электрохимического накопления, продолжительность электролиза) на стационарном ртутном электроде и регистрации пиков висмута.

На этой основе разработана методика инверсионно-вольтамперометрического определения висмута непосредственно в хлороформно-этанольных экстрактах с диантипирилметаном.

Список источников

1. Будников Г. К., Майстренко В. Н., Вяселев М. Р.Основы современного электрохимического анализа. М.: Бином, 2003. 591 с.

2. Плэмбек Дж. Электрохимические методы анализа / пер. с англ. Б. Г. Кахана. М.: Мир, 1985. 504 с.

3. Электроаналитические методы: теория и практика / под ред. Ф. Шольца. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. 326 с.

4. Выдра Ф. К., ШтуликК., Юлакова Э. Инверсионная вольтамперометрия. М.: Мир, 1980. 278 с.

5. Хенце Г. Полярография и вольтамперометрия: теоретические основы и аналитическая практика / пер. с нем. А. В. Гармаша и А. И. Каменева. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. 284 с.

6. Магомедов А. Г., Игнатенко Е. Г. Определе-

References

1. Budnikov GK, Maistrenko VN, Vyaselev MR. Fundamentals of modern electrochemical analysis.Moscow: Binom, 2003:591. (In Russ)

2. Plambeck J. Electrochemical methods of analysis / Transl. from English by B. G. Kahan. Moscow: Mir, 1985. 504 c. (In Russ)

3. Scholz F. (ed.) Electroanalytical methods: theory and practice. Moscow: Binom. Laboratory of knowledge, 2006:326. (In Russ)

4. Vydra FK, Shtulik K, Yulakova E. Stripping voltammetry. Moscow: Mir, 1980:278. (In Russ)

5. Henze G. Polarography and voltammetry: theoretical foundations and analytical practice / Transl. from German by A. V. Garmash and A. I. Kamenev. Moscow: Binom. Laboratory of knowledge, 2008:284. (In Russ)

6. Magomedov AG, Ignatenko EG. Determination

ние микропримеси висмута в латунях: указатель внедрённых и рекомендуемых к внедрению научно-исследовательских работ. Ростов-на-Дону, 1983. Вып. 3. С. 80.

7. Магомедов А. Г., ИгнатенкоЕ. Г. Применение диантипирилметана при экстракционно–вольтамперометрическом определении индия и кадмия // Новые эффективные методы пробоподготовки и химического анализа. М.: МДНТП, 1985. С. 135-138.

of bismuth trace impurities in brasses: index of implemented and recommended for implementation research works. Rostov-on-Don, 1983(3):80. (In Russ)

7. Magomedov AG, Ignatenko EG. Application of diantipyrylmethane in extraction-voltammetric determination of indium and cadmium. *New Effective Methods of Sample Preparation and Chemical Analysis.* Moscow: MDNTP, 1985:135-138. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Магомедов Анвер Гусейнович, кандидат химических наук, доцент кафедры химии, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, anvar-magomedov07@mail.ru

Абакаргаджиева Патимат Рамазановна, кандидат педагогических наук, доценткафедры химии, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, patimat_ram@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Anver G. Magomedov, Ph.D. (Chemistry), Associate Professor, Chemistry Department, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, anvar-magomedov07@mail.ru

Patimat R. Abakargadzhieva, Ph.D. (Pedagogy), Associate Professor, Chemistry Department, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, patimat_ram@mail.ru

Критерии авторства

Магомедов А. Г. – постановка цели и задач, методология, написание статьи, формулирование выводов, обработка данных, обзор литературы; Абакаргаджиева П. Р. – концепция, редактирование статьи.

Contribution of the authors

Magomedov A. G. – setting the aim and objectives, methodology, writing the paper, formulating conclusions, data processing, references review; Abakargadzhieva P. R. – concept, editing the paper.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 04.11.2024
Одобрена после рецензирования 11.03.2025
Принята к публикации 02.04.2025

The article was submitted 04.11.2024
Approved after reviewing 11.03.2025
Accepted for publication 02.04.2025

Химические науки / Chemical Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 547:615.012.1
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-12-20
EDN: RSTOVX

Синтезоксимов производных хромон-3-альдегида и дигидрохалкона, оказывающих антиамилоидное действие

[2025]Руковицина В. М, Поздняков Д. И.,
Аджиахметова С. Л.✉, Оганесян Э. Т.
Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал
Волгоградского государственного медицинского университета
Пятигорск, Россия, rukovitsina.vika@mail.ru, pozdniackow.dmitry@yandex.ru,
simillа503@mail.ru✉, edwardov@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Оксимированные производные веществ различного химического строения обладают различной фармакологической активностью, которая, как правило, превосходит аналогичную у базисного соединения. В связи с этим оксимную группу включают в структуру целевого соединения для повышения уровня заданных фармакологических свойств, например, антиамилоидного действия. **Цель.** Получение оксимов производных хромон-3-альдегида и дигидрохалкона для последующего изучения антиамилоидного действия. **Методы**. Синтез анализируемых веществ осуществляли реакцией оксимирования с гидроксиламином солянокислым и ацетатом натрия. Анализ соответствия изучаемых веществ критериям лекарствоподобия и прогноз токсических свойств производили с применением прогностических сервисов SwissADME и pkCSM соответственно. Антиамилоидное действие определяли *in vitro* по степени ингибирования частиц β-амилоида. **Результаты**. Все анализируемые соединения соответствуют критериям лекарствоподобия согласно правилам Липински, Ghose, Veber, Egan и Muegge, а также прогностически не оказывают системного токсического действия. *In vitro* изучаемые соединения подавляют агрегацию амилоидных частиц со значениями коэффициента полуингибирования в диапазоне от 1,4±0,14 до 8,1±0,43 ммоль/мл, при этом оксимированные производные были более активны, чем неоксимированные. **Выводы.** Производные хромон-3-альдегида и дигидрохалкона соответствуют требованиям лекарствоподобия, предъявляемым к молекулам-кандидатам в лекарственные препараты и подавляют агрегацию амилоидных частиц в модельной тест-системе. При этом соединения, которые содержат в своей структуре оксимную группу, превосходили по уровню активности вещества-предшественники.

Ключевые слова: производныехромон-3-альдегида, дигидрохалконы, лекарствоподобие, β-амилоид.

Формат цитирования: Руковицина В. М, Поздняков Д. И., Аджиахметова С. Л., Оганесян Э. Т. Синтез оксимов производных хромон-3-альдегида и дигидрохалкона, оказывающих антиамилоидное действие // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 2. С. 12-20. DOI:10.31161/1995-0675-2025-19-2-12-20. EDN: RSTOVX

Synthesis of Oximes of Chromone-3-Aldehyde and Dihydrochalcone Derivatives with Antiamyloid Activity

© [2025]Victoria M. Rukovitsina, Dmitry I. Pozdnyakov,
Simillа L. Adzhiakhmetova✉, Eduard T. Oganesyan
Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute –
Branch of Volgograd State Medical University
Pyatigorsk, Russia, rukovitsina.vika@mail.ru, pozdniackow.dmitry@yandex.ru,
simillа503@mail.ru✉, edwardov@mail.ru

ABSTRACT. Oxidized derivatives of substances with different chemical structures have different pharmacological activities, which usually exceed those of the base compound. In this regard, the oxime group is included in the structure of the target compound to enhance the desired pharmacological properties, for example, antiamyloid action. **Aim.** To obtain oximes of chromone-3-aldehyde and dihydrochalcone derivatives for the subsequent study of the antiamyloid action. **Methods.**The analyzed substances were synthesized by oximation reaction with hydroxylamine hydrochloride and sodium acetate. The analysis of the studied substances' compliance with drug-likeness criteria and toxic properties prediction were performed using SwissADME and pkCSM prognostic services, respectively. Anti-amyloid effect was determined in vitro by the degree of β-amyloid particle inhibition. **Results.** All analyzed compounds meet drug-likeness criteria according to Lipinski, Ghose, Veber, Egan and Muegge rules and are prognostically not expected to have systemic toxic effects. In vitro, the studied compounds suppress amyloid particle aggregation with half-inhibition coefficient values ranging from 1.4±0.14 to 8.1±0.43 mmol/ml, with oximated derivatives being more active than non-oximated ones. **Conclusions.** Chromone-3-aldehyde and dihydrochalcone derivatives meet the drug-likeness requirements for drug candidate molecules and suppress the aggregation of amyloid particles in a model test system. At the same time, compounds that contain an oxime group in their structure were superior in activity to their precursor substances.

Keywords: chromone-3-aldehyde derivatives, dihydrochalcones, drug-likeness, β-amyloid.

For citation: Rukovitsyna VM, Pozdnyakov DI, Adzhiakhmetova SL, Oganesyan ET. Synthesis of Oximes of Chromone-3-Aldehyde and Dihydrochalcone Derivatives with Antiamyloid Activity. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(2):12-20. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-12-20. EDN: RSTOVX

Введение

Оксимы обладают широким спектром биологической активности, среди которых наиболее часто описаны противогрибковые [1], антиоксидантные [2], противораковые [3] и антиагрегантные свойства [4].

Разные структурные группы оксимов изучены в различных терапевтических направлениях с целью поиска ингибиторов киназ с противораковой и противовоспалительной активностью. Важность значения оксимного фрагмента в связывании киназы основана на предположении, что дополнительное формирование этой группы в структурах известных ингибиторов киназы может повысить их эффективность. Кроме того, оксимы с некиназными мишенями могут быть базисными веществами для идентификации новых ингибиторов киназы [5].

Получены данные об антимикробной активности О-алкилпроизводных нарингенина и их оксимов против *E. coli* ATCC10536, *A. alternate* CBS1526, *F. linii* KB-F1 и *A. niger* DSM1957. Лучшая противогрибковая активность наблюдается для нового оксима 7-О-додецилнарингенина [6].

Антипролиферативная активность оксима и эфирных производных оксима нарингенина была оценена с помощью анализа с3-(4,5-диметилтиазол-2-ил)-2,5-дифенилтетразолия бромидом (МТТ) в отношении клеточных линий лейкемии человека (HL-60) и рака шейки матки (HeLa, SiHa) и молочной железы (MCF-7, MDA-MB-231). Производное трет-бутилового эфира оксима нарингенина проявляет наиболее мощную ингибирующую активность на рост клеток. Более того, анализ клеточного цикла показал, что это производное вызвало значительное увеличение гиподиплоидной (subG1) фазы и индуцировало апоптоз в клетках HeLa и SiHa, а также остановку клеточного цикла в фазе G2/M в клетках MCF-7. Проапоптотический потенциал выбранного соединения был подтвержден активацией каспазы-3. Также была изучена антиоксидантная активность этих соединений [7].

Гидроксизамещенные производных оксима халкона ингибировали выработку меланина и активность тирозиназы в клетках меланомы мышей B16F10 [8].

Таким образом, оксимы различных соединений представляют собой перспективную группу веществ с разноплановой фармакологической активностью: антипролиферативной, противовоспалительной, антимикробной, нейропротекторной, противораковой [9].

В связи с этим, целью нашей работы явилось получение оксимов производных хромон-3-альдегида и дигидрохалкона для последующего изучения антиамилоидного действия.

Материал и методы исследования

Лекарствоподобие.

Предварительно нами осуществлён анализ на соответствие исследуемых соединений критериям лекарствоподобия согласно правилам Липински, Ghose, Veber, Egan и Muegge при помощи веб-сервиса SwissADME [10-12]. Прогноз токсичности соединений проводили с помощью веб-сервиса pkCSM [10-12].

Синтез оксимов проводили по методике, представленной в работах [13; 14].

Оценка антиамилоидной активности invitro.

Процесс агрегации β-амилоида (Аβ, Sigma-Aldrich (Германия)) оценивали в реакции взаимодействия Аβ с конго красным. 25 μл раствора исследуемых соединений в диметилсульфоксиде (в диапазон концентраций 500μг/мл; 250μг/мл; 125μг/мл; 62,5μг/мл) смешивали эквиобъемным количеством коллоидного раствора Аβ. Полученную смесь инкубировали 9 дней. После чего 125μл анализируемой смеси смешивали с 20 мМ раствора конго красного в фосфатно-солевом буфере (125μл). Полученную смесь инкубировали при комнатной температуре (30 мин.). Далее регистрировали оптическую плотность образцов при 540 нм и 405 нм. Количество агрегатов Аβ рассчитывали по формуле.

$$A\beta = \text{A540/4780} - A405/6830 - A405\text{КК}/8620, \text{ где}$$

АКК405 – оптическая плотность раствора конго красного при длине волны 405 нм;

А540 и А405 оптическая плотность раствора, содержащего исследуемые вещества при длине волны 540 нм и 405 нм соответственно.

На основании полученных данных рассчитывали % ингибирования образования агрегатов Аβ и IC_{50} для каждого соединения, который выражали в ммоль/мл как среднее значение ± стандартное отклонение. Статистическое сравнение показателей осуществляли в парном непараметрическом тесте Манна-Уитни. Статистический анализ выполнен с применением программного комплекса StatPlus 7.0 [15].

Результаты и их обсуждение

Схема синтеза анализируемых веществ представлена на рисунке.

Лекарствоподобие.

При помощи онлайн-сервиса SwissADME для исследуемых соединений *insilico* изучили соответствие критериям лекарствоподобия согласно правилам *Липински*, *Ghose*, *Veber*, *Egan* и *Muegge*.

Основные физико-химические критерии «правила пяти»: молекулярная масса, число доноров и акцепторов водородных связей, компьютерный алгоритм расчёта logP, характеризующий липофильные свойства соединений. В правилах *Ghose*, *Veber*, *Egan* и *Muegg*e основными критериями являются: молекулярная рефракция, количество вращающихся связей, площадь полярной поверхности и другие [10-12].

Согласно полученным результатам, установлено, что хромон-3-альдегид **(1)** соответствует критериям правил: *Muegge – одно* нарушение (молекулярная масса<200); *Ghose – одно* нарушение (количество атомов<20). Его оксим **(2)** соответствует критериям правил *Muegge – одно* нарушение (молекулярная масса<200); *Ghose– одно* нарушение (количество атомов<20).

Согласно полученным результатам, установлено, что 6-фторохромон-3-альдегид **(3)** соответствует критериям правил: *Muegge – одно* нарушение (молекулярная масса<200); *Ghose – одно* нарушение (количество атомов<20).

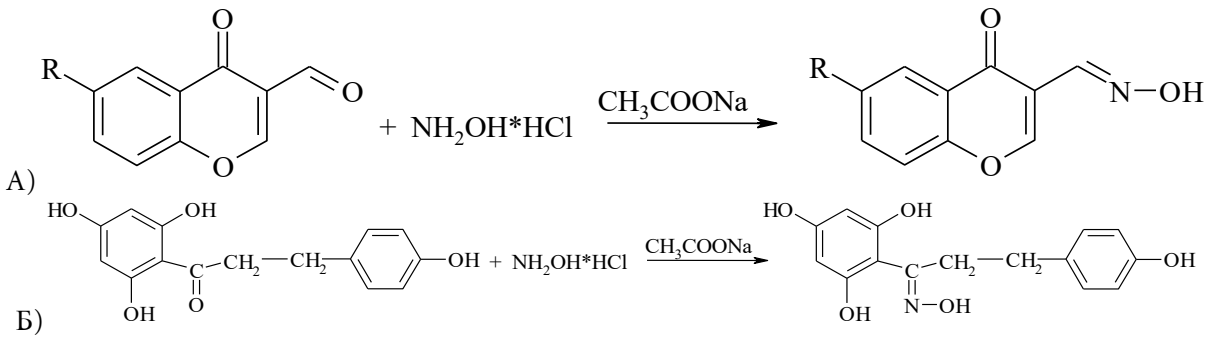


Рис. **Получение оксимов производных хромон-3-альдегида (А) и дигидрохалкона (Б)**
Fig. Preparation of oximes of chromone-3-aldehyde derivatives (A) and dihydrochalcone (Б)

Таблица 1. **Молекулярные дескрипторы лекарствоподобия для исследуемых соединений**
Table 1. Molecular drug-likeness descriptors for the compounds studied

Соединение Compound	**MWg/mol**	**MLOGP/ WLOGP/ XLOGP**	**NHD**	**NHA**	**TPSAÅ2**	**NA**	**NRB**	**MR**	**NG**
Хромон-3-альдегид **(1)**	174,15	0,18/1,61/1,22	0	3	47,28	10	1	47,87	–
Оксим хромон-3-альдегида **(2)**	175,14	0,11/2,19/1,13	0	4	59,64	13	1	47,94	–
6-фторохромон-3-альдегид **(3)**	192,14	0,60/2,16/1,32	0	4	47,28	10	1	47,83	–
Оксим 6-фторохромон-3-альдегида **(4)**	193,13	0,53/2,75/1,23	0	5	59,64	10	1	47,90	–
6-хлорохромон-3-альдегид **(5)**	208,60	0,74/2,26/1,84	0	3	47,28	10	1	52,88	–
Оксим 6-хлорхромон-3-альдегид **(6)**	209,59	0,68/2,84/1,75	0	4	59,64	10	1	52,95	–
Флоретин **(7)**	274,27	1,10/2,32/2,63	4	5	97,99	20	4	74,02	12
Оксимфлоретина **(8)**	289,28	1,10/2,32/2,33	5	6	113,51	21	4	78,02	12

Его оксим (**4**) также не соответствует критериям правил: *Muegge* – *одно* нарушение (молекулярная масса<200); *Ghose* – *одно* нарушение (количество атомов<20).

Согласно полученным результатам, установлено, что 6-хлорхромон-3-альдегид (**5**) соответствует критериям правил: *Ghose* – *одно* нарушение (количество атомов<20). Его оксим (**6**) также не соответствует критериям правил: *Ghose* – *одно* нарушение (количество атомов<20).

Исходя из результатов расчёта молекулярных дескрипторов, представленных в таблице 1, анализируемые соединения (**1**) – (**6**) не соответствуют одному требованию из пяти правил и характеризуются высокой степенью лекарствоподобия. В связи с этим оксим может обладать выраженной фармакологической активностью и является перспективным соединением для дальнейших углубленных исследований.

Флоретин (**7**) и его оксим (**8**) характеризуются высокой степенью лекарствоподобия, так как соответствуют всем требованиям пяти правил и могут обладать выраженной фармакологической активностью.

При прогнозе фармакокинетических параметров исследуемых веществ установили, что соединения (**1**), (**2**), (**5**), (**6**) проникают через гематоэнцефалический барьер (ГЭБ), а соединения (**7**), (**8**) – нет; соединения (**1**) – (**6**) являются ингибиторами фермента CYP1A2, а соединение (**6**) еще и ингибитор CYP2C19; соединения (**7**) и (**8**) является субстратом для Р-гликопротеина, то есть способны выводиться из клеток посредством активного транспорта; высокий процент всасывания в желудочно-кишечном тракте 97,775 %; 95,751 %; 98,187 %; 95,172 %; 97,285 %; 94,27 %; 64,92 %; 65,73 % для соединений (**1**) – (**8**) соответственно.

Результаты изучения токсичности.

Прогноз токсичности анализируемых соединений представлен в таблице 2.

Таблица 2. **Результаты *in silico* прогноза токсичности исследуемых соединений**
Table 2. Results *in silico* prediction of toxicity of the studied compounds

Соединение Compound	**Токсичностьпо AMES** AMES Toxicity	**Максимально переносимая доза для человека, мг/кг/сут** Maximum tolerable dose for humans, mg/kg/day	**Пероральная острая токсичность для крыс (LD50), моль/кг** Oral acute toxicity for rats (LD50), mol/kg	**Пероральная хроническая токсичность для крыс (LOAEL), log мг/кг массы тела/сут** Oral chronic toxicity in rats (LOAEL), log mg/kg bw/day	**Гепатотоксичность** Hepatotoxicity	**Сенсибилизация кожи** Skinsensitization
Хромон-3-альдегид **(1)**	нет	0,523	1,966	2,645	нет	нет
Оксим хромон-3-альдегида **(2)**	да	0,511	2,267	1,885	нет	нет
6-фторохромон-3-альдегид **(3)**	нет	0,597	1,932	2,473	нет	нет
Оксим 6-фторохромон-3-альдегида **(4)**	да	0,287	2,272	1,258	нет	нет
6-хлорохромон-3-альдегид **(5)**	нет	0,563	2,107	1,898	нет	нет
Оксим 6-хлорхромон-3-альдегид **(6)**	да	0,247	2,332	1,189	нет	нет
Флоретин **(7)**	нет	0,346	2,105	2,667	нет	нет
Оксимфлоретина **(8)**	нет	0,288	2,523	2,436	нет	нет

Таблица 3. **Характеристики анализируемых соединений**
Table 3. Characteristics of the analyzed compounds

Соединение Compound	**Выход, %** Yield, %	**Температура плавления, °С** Meltingpoint, °C	**ИК спектр, υ, см$^{-1}$ (вазел.масло)** IRspectrum, υ, cm^{-1} (vaseline oil)	**УФ-спектры поглощения (λ_{max}), нм (этиловый спирт)** UV absorption spectra (λ_{max}), nm (ethyl alcohol)	**Спектр ЯМР^{1}H (400 МГц, DMSO-d6)** ^{1}H NMR spectrum (400 MHz, DMSO-d6)
Хромон-3-альдегид **(1)**	69,7	150-152	1694 (C=O (CHO), 1644 (C=O (хромона), 1613 (C=C)	203, 223, 295	δ 7.43-7.55 (м, 2H, Ar); 7.73-7.79 (м, 1H, Ar); 8.29 (дд, 1H, Ar); 8.55 (с, 1H, Ar); 10.38 (с, 1H, CHO)
Оксим хромон-3-альдегида **(2)**	42	116-117	3186(C=N-OH), 1702(CN в оксиме), 1663 (C=O (CHO), 1617 (C=C)	216, 250, 307	δ 11.43 (с, 1H, OH), 8.69 (с, 1H,CH=N), 8.14-8.06 (м, 2H, ArH), 7.85 (ддд, J=8.6, 7.1, 1.7 Hz, 1H, ArH), 7.70 (д, J=8.5 Hz, 1H, ArH), 7.58-7.50 (м, 1H, ArH)
6-фторхромон-3-альдегид **(3)**	61	152-154	1697 (C=O (CHO), 1624 (C=Oхромона), 1597 (C=C)	203, 224, 302	δ 7.47-7.52 (м; 1H; Ar); 7.58-7.61 (кв, 1H, Ar); 7.69-7.9 (кв, 1H, Ar); 8.57 (с, 1H, Ar); 10.37 (с, 1H, CHO)
Оксим 6-фторхромон-3-альдегида **(4)**	94,2	220-222	3196 (–C=N-OH), 1730, 1703 (C=N), 1651 (C=O (хромона), 1623 (C=C)	202, 253, 310	δ 7.59-7.82 (м.; 3H; Ar); 8.05 (с, 1H, Ar); 8.69 (д, 1H, CH); 11.45 (с, 1H, OH)
6-хлорхромон-3-альдегид **(5)**	75	167-168	1695 (C=O (CHO), 1655 (C=O), 1599 (C=C)	224, 313, 346	δ 10.38 (с, 1H), 8.55 (с, 1H), 8.30 (д, J=7.9 Hz, 1H), 7.79-7.72 (м, 1H), 7.51 (дд, J=17.1, 8.9 Hz, 2H)
Оксим 6-хлорхромон-3-альдегид **(6)**	80	199-200	3190 (–C=N-OH), 1754 (C=N), 1654 (C=O(хромона), 1609 (C=C)	203, 253, 316	δ 7.74-7.87 (м.; 3H; Ar); 8.02-8.06 (кв, 1H, Ar); 8.67 (д, 1H, CH); 11.55 (д, 1H, OH)
Флоретин **(7)**	75	258-260	3300 (OH), 1571,0 (C=C), 1249,4 (C–O–C), 1651,4 (C=O)	226, 288	10.40 (s, 2H, OH), 9.18 (s, 2H, OH), 7.01 (d, *J*=7.7 Hz, 2H, Ar), 6.66 (d, *J*=8.1 Hz, 2H, Ar), 5.80 (s, 2H, Ar), 3.21 (t, *J*=7.6 Hz, 2H, CH2), 2.76 (t, *J*=7.5 Hz, 2H, CH2)
Оксимфлоретина **(8)**	81	219-221	3400 (OH, stretching), 1612,7 (C=N), 972,5 (N–O), 1511,2 (C=C), 1297,1 (C–O–C)	224, 264	10,86 (N-OH), 10.69 (s, 2H, OH), 10.07 (s, 1H, OH), 9.22 (s, 1H, OH), 7.03 (d, *J*=8.2 Hz, 2H, Ar), 6.67 (d, *J*=8.3 Hz, 2H, Ar), 6.34 (s, 1H, Ar), 6.22 (s, 1H, Ar), 3.08 (t, 2H, CH2), 2.93 (t, 2H, CH2)

Установили, что у всех анализируемых соединений предполагается низкая токсичность (табл. 2). Физико-химические характеристики приведены в таблице 3.

Результаты оценки антиамилоидной активности

Результаты оценки антиамилоидной активности анализируемых соединений представлены в таблице 4.

Как видно из полученных результатов, все исследуемые соединения оказывают антиамилоидное действие, которое выра-

жается в подавлении агрегации пептидных частиц Аβ. При этом вещества, которые содержат в своей структуре оксимную группу, характеризуются более высокой активностью, чем исходные соединения. Так оксим хромон-3-альдегида имеет показатель IC_{50} на 52,6 % ($p<0,05$), чем хромон-3-альдегид. Оксимы фторированного и хлорированного производных превосходили по выраженности антиамилоидного действия исходные соединения на 58,2 % ($p<0,05$) и 58,0 % ($p<0,05$) соответственно. Оксим флоретина в ряду анализируемых веществ проявлял наиболее выраженное антиамилоидное действие, которое превосходило флоретин на 61,1 % ($p<0,05$).

Таблица 4. **Оценка антиамилоидной активности анализируемых соединений**
Table 4. Evaluation of antiamyloid activity of the analyzed compounds

Соединение Compound	**IC_{50}, ммоль/мл** IC_{50}, mmol/ml
Хромон-3-альдегид	5,4±0,18
Оксим хромон-3-альдегида	2,56±0,17*
6-фторохромон-3-альдегид	6,7±0,46
Оксим 6-фторохромон-3-альдегида	2,8±0,39*
6-хлорохромон-3-альдегид	8,1±0,43
Оксим 6-хлорхромон-3-альдегид	3,4±0,44*
Флоретин	3,6±0,38
Оксимфлоретина	1,4±0,14*
Диметилсульфоксид (растворитель)	10^{21}

Примечание: * – достоверно относительно не оксимированного исходного соединения (тест Манна-Уитни, $p<0,05$).

Установленное антиамилоидное действие оксимов производных хромон-3-альдегида и дигидрохалкона может способствовать увеличению спектра фармакологической активности соединений данной группы. Известно, что оксимы в первую очередь используются в качестве антидотов при отравлении необратимыми ингибиторами ацетилхолинэстеразы, но, согласно последним данным, их фармакологическая активность намного шире и охватывает различные терапевтические области, в том числе и нейродегенеративные расстройства. Например, SathiyaPriyaetal, 2019 продемонстрировали, что оксимированное производное индирубина оказывает нейропротекторное действие у животных за счет подавления агрегации Аβ [16]. В проведенном исследовании установлено, что оксимыхромон-3-альдегида и дигидрохалкона оказывают выраженный антиамилоидный эффект *in vitro*, который достоверно превосходит аналогичный у исходных соединений. Таким образом, показано, что оксимная группа значительно повышает способность фармакологически активных веществ препятствовать самоагрегации белков. По всей видимости данный эффект достигается за счет аминокислотного лигирования оксимов [17] и предотвращения образования олигомерных белков [18]. Учитывая тот факт, что по результатам *in silico* прогноза анализируемые соединения не проявляют значимого токсического действия и отвечают требованиям, предъявляемым к молекулам-кандидатам в лекарственные препараты, изучаемые в данной работе оксимыхромон-3-альдегида и дигидрохалкона могут являться перспективными нейропротекторными соединениями, действие которых сосредоточено на коррекции патологий, ассоциированных с Аβ, например, болезни Альцгеймера.

Заключение

Проведенное исследование показало, что синтезированные производные хромон-3-альдегида и дигидрохалкона, а также оксимы на их основе по результатам *in silico* прогноза не обладают системной токсичностью и отвечают критериям лекарствоподобия. В условиях *in vitro* анализируемые соединения подавляли процесс агрегации частиц Аβ, при этом оксимированные производные превосходили по активности соединения-предшественники.

Список источников

1. Emami S, Falahati M, Banifatemi A, Amanlou M, Shafiee A. (E)- and (Z)-1,2,4-Triazolylchromanone oxime ethers as conformationally constrained antifungals. *Bioorganic & Medicinal Chemistry.* 2004;12(15):3971-3976.DOI:10.1016/j.bmc.2004.06.010

References

1. Emami S, Falahati M, Banifatemi A, Amanlou M, Shafiee A. (E)- and (Z)-1,2,4-Triazolylchromanone oxime ethers as conformationally constrained antifungals. *Bioorganic & Medicinal Chemistry.* 2004;12(15):3971-3976.
DOI:10.1016/j.bmc.2004.06.010

2. Özyurek M, Akpınar D, Bener M, Türkkan B, et al. Novel oxime based flavanone, naringin-oxime: Synthesis, characterization and screening for antioxidant activity. *Chemico-Biological Interactions.*2014;212:40-46.

3. Kocyigit A, Koyuncu I, Dikilitas M, Bahadori F, Turkkan B. Cytotoxic, genotoxic and apoptotic effects of naringenin-oxime relative to naringenin on normal and cancer cell lines. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine.* 2016;6(10):872-880.

4. Wang TC, Chen IL, Lu CM, Kuo DH, Liao CH. Synthesis, and cytotoxic and antiplatelet of oxime- and methyloxime-containing flavone, isoflavone, and xanthone derivatives. *Chemistry&Biodiversity.*2005;2:253-263.DOI:10.1002/cbdv.200590008

5. Schepetkin IA, Plotnikov MB, Khlebnikov AI, Plotnikova TM, Quinn MT. Oximes: novel therapeutics with anticancer and anti-inflammatory potential. biomolecules. 2021;11(6):777. DOI: 10.3390/biom11060777

6. Kozłowska J, Potaniec B, Żarowska B, AniołM. Synthesis and biological activity of novel O-Alkyl derivatives of naringenin and their oximes. *Molecules.*2017;22(9):1485. DOI: 10.3390/molecules22091485

7. Latif AD, Gonda T, Vágvölgyi M, KúszN, et al. Synthesis and in vitro antitumor activity of naringenin oxime and oxime ether derivatives. *International Journal of Molecular Sciences.* 2019;20(9):2184. DOI: 10.3390/ijms20092184

8. Radhakrishnan SK, Shimmon RG, ConnC, BakerAT. Evaluation of novel chalcone oximes as inhibitors of tyrosinase and melanin formation in B16 cells. *Arch Pharm (Weinheim).* 2016;349(1):20-29. DOI: 10.1002/ardp.201500298

9. Koyuncu I, Kocyigit A, Gonel A, Arslan E, Durgun M. The protective effect of naringenin-oxime on cisplatin induced toxicity in rats. *Biochemistry Research International.*2017:9478958. DOI: 10.1155/2017/9478958

10. Daina A, Michielin O, Zoete V. SwissADME: A free web tool to evaluate pharmacokinetics, druglikeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. *Scientific Reports.*2017;7(1):42717. DOI:10.1038/srep42717

11. Горишний В.Я., Матийчук В.С. Синтез, физико-химические свойства, биоподобие и противоопухолевая активность эфиров и амидов 2-[5-(4-бромбензилиден)-4-оксо-2-тиоксотиазолидин-3-ил]-3-метилбутановой кислоты // Журнал органической химии.2021. Т. 57. № 1. С. 35-42. DOI: 10.31857/S0514749221010043. EDN: YLHHBA

12. Шумадалова А.В., Виноградова Ю.И., Хузин Д.Р. Синтез и *in silico* прогноз фармакологиче-

2. Özyurek M, Akpınar D, Bener M, Türkkan B, et al. Novel oxime based flavanone, naringin-oxime: Synthesis, characterization and screening for antioxidant activity. *Chemico-Biological Interactions.*2014;212:40-46.

3. Kocyigit A, Koyuncu I, Dikilitas M, Bahadori F, Turkkan B. Cytotoxic, genotoxic and apoptotic effects of naringenin-oxime relative to naringenin on normal and cancer cell lines. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine.* 2016;6(10):872-880.

4. Wang TC, Chen IL, Lu CM, Kuo DH, Liao CH. Synthesis, and cytotoxic and antiplatelet of oxime- and methyloxime-containing flavone, isoflavone, and xanthone derivatives. *Chemistry & Biodiversity.* 2005;2:253-263.DOI:10.1002/cbdv.200590008

5. Schepetkin IA, Plotnikov MB, KhlebnikovAI, PlotnikovaTM, QuinnMT. Oximes: novel therapeutics with anticancer and anti-inflammatory potential. biomolecules. 2021;11(6):777. DOI: 10.3390/biom11060777

6. Kozłowska J, Potaniec B, Żarowska B, AniołM. Synthesis and biological activity of novel O-Alkyl derivatives of naringenin and their oximes. *Molecules.* 2017;22(9):1485. DOI: 10.3390/molecules22091485

7. Latif AD, Gonda T, Vágvölgyi M, KúszN, et al. Synthesis and in vitro antitumor activity of naringenin oxime and oxime ether derivatives. *International Journal of Molecular Sciences.* 2019;20(9):2184. DOI: 10.3390/ijms20092184

8. Radhakrishnan SK, Shimmon RG, Conn C, Baker AT. Evaluation of novel chalcone oximes as inhibitors of tyrosinase and melanin formation in B16 cells. *Arch Pharm (Weinheim).* 2016;349(1):20-29. DOI: 10.1002/ardp.201500298

9. Koyuncu I, Kocyigit A, Gonel A, Arslan E, Durgun M. The protective effect of naringenin-oxime on cisplatin induced toxicity in rats. *Biochemistry Research International.* 2017:9478958. DOI: 10.1155/2017/9478958

10. Daina A, Michielin O, Zoete V. SwissADME: A free web tool to evaluate pharmacokinetics, druglikeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. *Scientific Reports.* 2017;7(1):42717. DOI:10.1038/srep42717

11. Horishny VYa, Matiychuk VS. Synthesis physicochemical properties, druglikeness and antitumor activity of esters and amides of 2-[5-(4-bromobenzylidene)-4-oxo-2-thioxo-1,3-thiazolidin3-yl]-3-methylbutanoic acid. *Zhurnal Organicheskoi Khimii.* 2021;57(1):35-42. (In Russ). DOI: 10.31857/S0514749221010043. EDN: YLHHBA

12. Shumadalova AV, Vinogradova YuI, Khuzin DR. Synthesis and in silico prediction for pharmacological activity of new hydrazone derivatives of

ской активности новых гидразонопроизводных тиетансодержащего пиримидина // Инновации в медицине и фармации. 2023. С. 600-603.

13. Сивцева О.С. Синтез и характеристики оксимагесперетина // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. С. 1868. EDN: RBJJYT

14. Поздняков Д.И., Аджиахметова С.Л., Червонная Н.М., Оганесян Э.Т. Химическая модификация *ex planta* флавоноида флоридзина реакцией оксимирования и оценка его нейропротекторной активности // Башкирский химический журнал. 2023. Т.30. № 4. С. 17-21. DOI: 10.17122/bcj-2023-4-17-21. EDN: KSHOYE

15. Wang W, Zhao C, Zhu D, Gong G, Du W. Inhibition of amyloid peptide fibril formation by gold-sulfur complexes. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2017;171:1-9.
DOI: 10.1016/j.jinorgbio.2017.02.021

16. SathiyaPriya C, Vidhya R, Kalpana K, Anuradha CV. Indirubin-3'-monoxime prevents aberrant activation of GSK-3β/NF-κB and alleviates high fat-high fructose induced Aβ-aggregation, gliosis and apoptosis in mice brain. *International Immunopharmacology.* 2019;70:396-407. DOI: 10.1016/j.intimp.2019.02.053.

17. Zhao XZ, Liu F, Burke TR Jr. Application of post solid-phase oxime ligation to fine-tune peptide-protein interactions. *Molecules.* 2020;25(12):2807. DOI: 10.3390/molecules25122807

18. Chen GF, Xu TH, Yan Y, Zhou YR, et al. Amyloid beta: structure, biology and structure-based therapeutic development. *Acta Pharmacologica Sinica*. 2017;38(9):1205-1235. DOI: 10.1038/aps.2017.28

thietane-containing pyrimidine. *Innovacii v Medicine i Farmacii.* 2023:600-603. (In Russ)

13. Sivtseva OS. Synthesis and characterization of hesperetin oxime. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya.* 2015(1-1):1868. (In Russ). EDN: RBJJYT

14. Pozdnyakov DI, Adzhiakhmetova SL, Chervonnaya NM, Oganesyan ET. Chemical modification of the flavonoid floridzine by *ex planta* by oximination reaction and evaluation of its neuroprotective activity. *Bashkirskiy Himicheskiy Zhurnal.* 2023;30(4):17-21. (In Russ). DOI: 10.17122/bcj-2023-4-17-21. EDN: KSHOYE

15. Wang W, Zhao C, Zhu D, GongG, DuW. Inhibition of amyloid peptide fibril formation by gold-sulfur complexes. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2017;171:1-9.
DOI: 10.1016/j.jinorgbio.2017.02.021

16. SathiyaPriya C, Vidhya R, Kalpana K, Anuradha CV. Indirubin-3'-monoxime prevents aberrant activation of GSK-3β/NF-κB and alleviates high fat-high fructose induced Aβ-aggregation, gliosis and apoptosis in mice brain. *International Immunopharmacology.* 2019;70:396-407. DOI: 10.1016/j.intimp.2019.02.053.

17. Zhao XZ, Liu F, Burke TR Jr. Application of post solid-phase oxime ligation to fine-tune peptide-protein interactions. *Molecules.* 2020;25(12):2807. DOI:10.3390/molecules25122807

18. Chen GF, Xu TH, Yan Y, Zhou YR, et al. Amyloid beta: structure, biology and structure-based therapeutic development. *Acta Pharmacologica Sinica*. 2017;38(9):1205-1235. DOI: 10.1038/aps.2017.28

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Руковицина Виктория Михайловна, кандидат фармацевтических наук, старший преподаватель кафедры органической химии, Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоградского государственного медицинского университета Пятигорск, Россия, rukovitsina.vika@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4104-9217

Поздняков Дмитрий Игоревич, кандидат фармацевтических наук, доцент, заведующий кафедрой фармакологии с курсом клинической фармакологии, Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоградского государственного медицинского университета, Пятигорск, Россия, pozdniackow.dmitry@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-5595-8182

Аджиахметова Симилла Леонтьевна, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры органи-

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Affiliations

Victoria M. Rukovitsina, Ph.D. (Pharmacy), Senior Lecturer, Department of Organic Chemistry, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia, rukovitsina.vika@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4104-9217

Dmitry I. Pozdnyakov, Ph.D. (Pharmacy), Associate Professor, Head of the Department of Pharmacology with a Clinical Pharmacology Course, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia, pozdniackow.dmitry@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-5595-8182

Simillа L. Adzhiakhmetova, Ph.D. (Pharmacy), Associate Professor, Department of Organic Chemistry, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of Volgograd State Medical

ческой химии, Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоградского государственного медицинского университета, Пятигорск, Россия, simillа503@mail.ru,https://orcid.org/0000-0001-9685-1384

Оганесян Эдуард Тоникович, доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой органической химии, Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоградского государственного медицинского университета, Пятигорск, Россия, edwardov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-2756-9382

Критерии авторства

Руковицина В. М. – осуществление эксперимента, обработка материала, анализ данных, написание статьи; Поздняков Д. И. – осуществление эксперимента, обработка материала, анализ данных, написание статьи; Аджиахметова С. Л. – осуществление эксперимента, обработка материала, анализ данных, написание статьи; Оганесян Э. Т. – идея, обработка материала, анализ данных, научное редактирование текста.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 15.03.2025
Одобрена после рецензирования 10.06.2025
Принята к публикации 24.06.2025

University, Pyatigorsk, Russia, simillа503@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9685-1384

Eduard T. Oganesyan, Doctor of Science (Pharmacy), Professor, Head of the Department of Organic Chemistry, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia, edwardov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-2756-9382

Contribution of the authors

Rukovitsina V. M. – experiment implementation, material processing, data analysis, writing the paper; Pozdnyakov D. I. – experiment implementation, material processing, data analysis, writing the paper; Adzhiakhmetova S. L. – experiment implementation, material processing, data analysis, writing the paper; Oganesyan E. T. – idea, material processing, data analysis, scientific editing of the text.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 15.03.2025
Approved after reviewing 10.06.2025
Accepted for publication 24.06.2025

Химические науки / ChemicalScience
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 546.651:546.766:547.822
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-21-31
EDN: BQZXZG

Синтез, установление состава и квантово-химический прогноз констант устойчивости комплекса La(III) с метилэтилпиридинолом и гекса(изотиоциано)хромат-(III) анионом

© 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 – синтез, определение состава и прогнозирование констант стабильности комплекса La(III) с метилэтилпиридинолом и гекса(изотиоциано)хромат-(III) анионом. **Методы** исследования – инфракрасная, электронная спектроскопия, термический анализ, титриметрия, гравиметрия в сочетании с квантово-химическими расчетами MOPAC 2016 (UHF // PM7), ORCA v. 5.0.2 (DFT B3LYP // Sapporo TZP-2012, Sapporo-DKH3-TZP-2012). **Результаты.** Был установлен состав комплекса $[La(MEP)_3(H_2O)_2][Cr(NCS)_6]\cdot 3H_2O$.; координация La(III) происходит через гидроксильный атом кислорода лиганда, и наличие инертного аниона $[Cr(NCS)_6]^{3-}$ было подтверждено спектроскопически. Экспериментальная константа стабильности была определена как lg β = 14,5, в то время как теоретическое моделирование показало сильную зависимость стабильности от природы донорных групп: карбоксилаты заметно повышают стабильность, тогда как объемные заместители снижают ее. **Выводы**. Полученные данные демонстрируют, что выбор лиганда сильно влияет на термодинамическую стабильность двойных комплексных солей, что важно для их применения в качестве термохромных индикаторов и потенциальных каталитических систем.

Ключевые слова: комплексные соединения, лантан, метилэтилпиридинол, константа устойчивости, термоиндикаторы.

Формат цитирования: Шубина А. А., Орлова Т. Н. Синтез, установление состава и квантово-химический прогноз констант устойчивости комплекса La(III) с метилэтилпиридинолом и гекса(изотиоциано)хромат-(III) анионом // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 2. С. 21-31. 10.31161/1995-0675-2025-19-2-21-31. EDN: BQZXZG

Synthesis, Composition Determination and Quantum-Chemical Prediction of Stability Constants of the La(III) Complex with Methylethylpyridinol and Hexa(Isothiocyano)Chromate-(III) Anion

© 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 synthesize, composition determine and predict the stability constants of a new La(III) complex with methylethylpyridinol and hexa(isothiocyanato)chromate(III) anion. The research **methods** were infrared, electron spectroscopy, thermal analysis, titrimetry, gravimetry in combination with quantum chemical calculations MOPAC 2016 (UHF // PM7), ORCA v. 5.0.2 (DFT B3LYP // Sappo-

ro TZP-2012, Sapporo-DKH3-TZP-2012). **Results**. It was established the composition of $[La(MEP)_3(H_2O)_2][Cr(NCS)_6]\cdot 3H_2O$ complex; the coordination of La(III) occurs via the hydroxyl oxygen atom of the ligand and the inert $[Cr(NCS)_6]^{3-}$ anion was confirmed spectroscopically. The experimental stability constant was determined as lg β = 14.5, while theoretical modeling showed a strong dependence of stability on the donor groups nature: carboxylates markedly increase stability, while bulky substituents decrease it. **Conclusions**. The obtained data demonstrate that the choice of ligand strongly affects the thermodynamic stability of double complex salts, which is important for their application as thermochromic indicators and potential catalytic systems.

Keywords: complex substances, lanthanum, methylethylpyridinol, stability constant, thermoindicators.

For citation: Shubina AA, Orlova TN. Synthesis, Composition Determination and Quantum-Chemical Prediction of Stability Constants of the La(III) Complex with Methylethylpyridinol and Hexa(Isothiocyano) Chromate-(III) Anion. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(2):21-31 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-21-31. EDN: BQZXZG

Введение

Двойные комплексные соли (ДКС) – вещества, состоящие из комплексных катионов и анионов, центральными атомами в которых являются разные металлы [1]. Подобные соединения интересуют исследователей в качестве прекурсоров для наночастиц: так, авторы статьи [2] получили легированные наночастицы частично смешивающейся платины и золота (сплава Au-Pt). Преимущество данного способа получения заключается в стабилизации метастабильных продуктов реакции за счет углерода, содержащегося в органическом лиганде [3].

ДКС обладают обратимыми термохромными свойствами, что дает возможность применения при изготовлении термоиндикаторных устройств [4]. Термоиндикаторы на основе органического лиганда, например ε-капролактама, обладают рядом преимуществ относительно неорганических пигментов: менее энерго-, трудозатратная технология производства, экологичность синтеза, химическая устойчивость при длительном хранении, больший интервал изменения окраски, возможность обратимого термохромизма [5].

Наконец, одним из исторически первых аспектов применения ДКС является аналитическая химия – инертные объемные анионы (диоксалатокупрат-(II)-анион, тетрайодомеркурат-(II) анион и т. п.) образуют устойчивые осадки, получаемые в результате реакций анионного обмена [6].

Несмотря на большое количество сообщений о ДКС, подавляющее большинство работ сводится к синтезу, аналитическим методикам и характеристике в твердом состоянии. Однако слабо изучена корреляция между структурой и стабильностью ДКС, что является одним из важных требований, предъявляемых к термоиндикаторам [7]. Поэтому интерес исследователей представляет термодинамическое изучение реакций комплексообразования, особенно в сольватированном состоянии, что возможно посредством проведения квантово-химических расчетов.

Целью данного исследования является синтез и исследование структурных, спектральных и термодинамических характеристик комплексного соединения La(III) с метилэтилпиридинолом и изотиоцианохромат-(III) анионом.

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). Программное обеспечение для квантово-химических расчетов: полуэмпирических (оптимизация геометрии) – MOPAC 2016 [8], базис UHF, метод PM7; неэмпирических (термодинамические параметры молекул) – ORCA v. 5.0.2 [9], метод DFT B3LYP, базис Sapporo TZP-2012, Sapporo-DKH3-TZP-2012 (для электронных оболочек лантана). Визуализация целевых объектов проводилась в программе ChemCraft v. 1.8 [10].

При осуществлении синтетических экспериментов использовались следующий коммерчески доступный перечень реактивов: аммоний уксуснокислый (ч. д. а., «ЛенРеактив»), уксусная кислота ледяная (х. ч.), лантан азотнокислый 6-водный (х. ч.), калий родановокислый (ч. д. а.), хром хлористый 6-водный (осч), хлороформ (х. ч.).

Органический лиганд выделен из глазных капель «Эмоксипин» (метилэтилпиридинол 1 %) производителя ОАО «Фармстандарт-Уфимский витаминный завод»

согласно методике, описанной в экспериментальной части.

Экспериментальная часть

Методика выделения лиганда-метилэтилпиридинола гидрохлорида (эмоксипина) из лекарственной формы. 1 мл лекарственного препарата содержит: метилэтилпиридинола гидрохлорид (10,0 мг) – действующее вещество, вспомогательные вещества: натрия сульфит (3,0 мг), натрия бензоат (2,0 мг), калия дигидрофосфат (5,4 мг), динатрия дигидрофосфат додекагидрат (6,5 мг), метилцеллюлозу (6,5 мг), воду для инъекций (1,0 мл).

Действующее вещество переводится из гидрохлорида в слабое основание добавлением щелочи до pH = 9-10, после чего экстрагируется неполярным органическим растворителем (хлороформом). Неорганические соли и метилцеллюлоза остаются в водной фазе и отбрасываются. В органический экстракт добавляется HCl (для лучшей растворимости лиганда в воде на этапе синтеза комплекса), после чего отгоняют остатки хлороформа.

Методика синтеза комплекса La(III) с метилэтилпиридинолом и гекса(изотиоциано)хромат-(III) анионом. 0,54 г $K_3[Cr(NCS)_6]\cdot H_2O$ (способ получения подробно изложен в работе [11]) растворили в 5 мл дистиллированной воды с использованием магнитной мешалки, к нему прилили водный раствор 0,52 г метилэтилпиридинола гидрохлорида, после чего добавили 0,1 М водный раствор нитрата лантана (10 мл) и 2-3 капли рекомендуемого буферного раствора. Раствор выдерживали на ледяной бане при постоянном охлаждении до 0-5 °С, после чего наблюдали выпадение сиреневого осадка, который отфильтровывали, неоднократно промыли дистиллированной водой и высушивали в сушильном шкафу при постоянной температуре (50-60 °С). При нагревании наблюдали переход окраски комплекса до чёрного цвета.

Продукт синтеза хорошо растворим в апротонных биполярных растворителях (ДМСО, ДМФА), умеренно растворим в ацетоне и ацетонитриле, слабо растворим в спиртах и дистиллированной воде. Выход составил 94 %.

При синтезе большое значение имеет последовательность добавляемых реагентов, а также контроль pH среды. К использованию рекомендован буфер, не содержащий ионов, способных осаждать La^{3+} из раствора.

Методика приготовления буферного раствора pH=4,5. 3,85 г ацетата аммония растворяют в воде и прибавляют 3,5 мл ледяной уксусной кислоты, при необходимости доводят pH потенциометрически до значения 4,5, после чего заполняют колбу, содержащую полученный раствор, дистиллированной водой до метки в 50 мл.

Эксперимент по установлению состава комплекса La(III) с метилэтилпиридинолом и гекса(изотиоциано)хромат-(III) анионом. Точную навеску комплекса массой 0,5 г растворили в 5 мл 1 М серной кислоты и довели дистиллированной водой до метки в 25 мл. Для селективного осаждения La^{3+} к полученному раствору прибавили избыток 0,1 М раствора оксалата натрия. Осадок оксалата лантана состава $La_2(C_2O_4)_3\cdot nH_2O$ отфильтровали с использованием фильтра «белая лента» и промыли холодной дистиллированной водой от остатков примесей; содержание лантана определяли гравиметрически. Масса гравиметрической формы La_2O_3 составила 0,0517 г, что означает 1 моль La на 1 моль комплекса.

В фильтрате содержание Cr(III) определяли фотометрически [12]. Комплекс Cr(III) с этилендиаминтетрауксусной кислотой (ЭДТА) медленно образуется при комнатной температуре, поэтому пробу нагревали на электроплитке в течение 5 мин. после начала кипения раствора. В результате раствор окрасился в фиолетовый цвет. Измерения проводились на длине волны λ= 584 нм. Предварительно был получен градуировочный график (уравнение линии тренда y = 204,44x) для растворов $CrCl_3$ различной концентрации (рис. 1; табл. 1). Таким образом, на 1 моль комплекса приходится 1 моль Cr.

Содержание тиоцианат-анионов в фильтрате определяли по методу Фольгарда. Добавляли избыток раствора $AgNO_3$ (0,1 М) – по предварительной оценке взяли 35 мл, излишек Ag^+ титровали стандартным раствором NH_4SCN (0,1 М) до появления розовой окраски в присутствии сульфата железа (III) в качестве индикатора. Розовая окраска объясняется образованием комплекса $[Fe(SCN)]^{2+}$. В ходе данного эксперимента потратили 4,7 мл 0,1 М NH_4SCN. Следовательно, исследуемый комплекс имеет 6 моль SCN^- на 1 моль La^{3+} и 1 моль Cr^{3+}.

Таблица 1. **Данные для построения градуировочного графика спектрофотометрического определения Cr^{3+} в продуктах разложения комплекса серной кислотой**

Table 1. Calibration graph data for photometric determination of Cr^{3+} in the decomposition products of the complex by sulfuric acid

$C(CrCl_3)$, моль/л $C(CrCl_3)$, mol/l	**Абсорбция** Absorption
$5 \cdot 10^{-5}$	0,008
$1 \cdot 10^{-4}$	0,059
$5 \cdot 10^{-4}$	0,113
$1 \cdot 10^{-3}$	0,212
$2 \cdot 10^{-3}$	0,411
$5 \cdot 10^{-3}$	1,018

Установлено, что при нагревании навески комплекса в 0,5 г в сушильном шкафу до 50-60 °С комплекс терял 4,02 % массы относительно продукта синтеза, высушенного на воздухе, что указывает на наличие трех молекул кристаллизационной воды. Нагрев до 180-200 °С приводил к потере еще 2,68 % массы, следовательно, в структуре содержится две внутрисферные молекулы воды.

Количественный анализ показал содержание: La 10,33 %; Cr 3,87 %; NCS 25,92 %; H_2O 6,70 %. Массовый баланс однозначно указывает на то, что остаток массы (53,18 %) приходится на органический лиганд, и его количественное содержание эквивалентно трём молям метилэтилпиридинола на 1 моль лантана в составе комплекса.

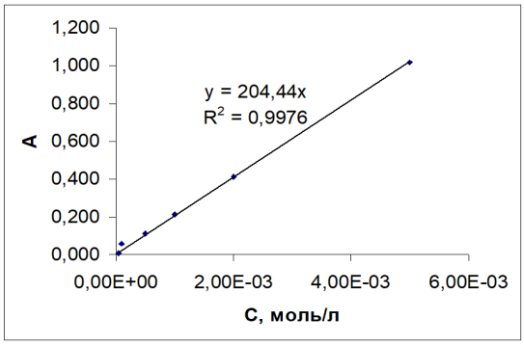


Рис. 1. **Градуировочный график для фотометрического определения Cr^{3+} в продуктах разложения комплекса серной кислотой**

Fig. 1. Calibration graph for photometric determination of Cr^{3+} in the decomposition products of the complex by sulfuric acid

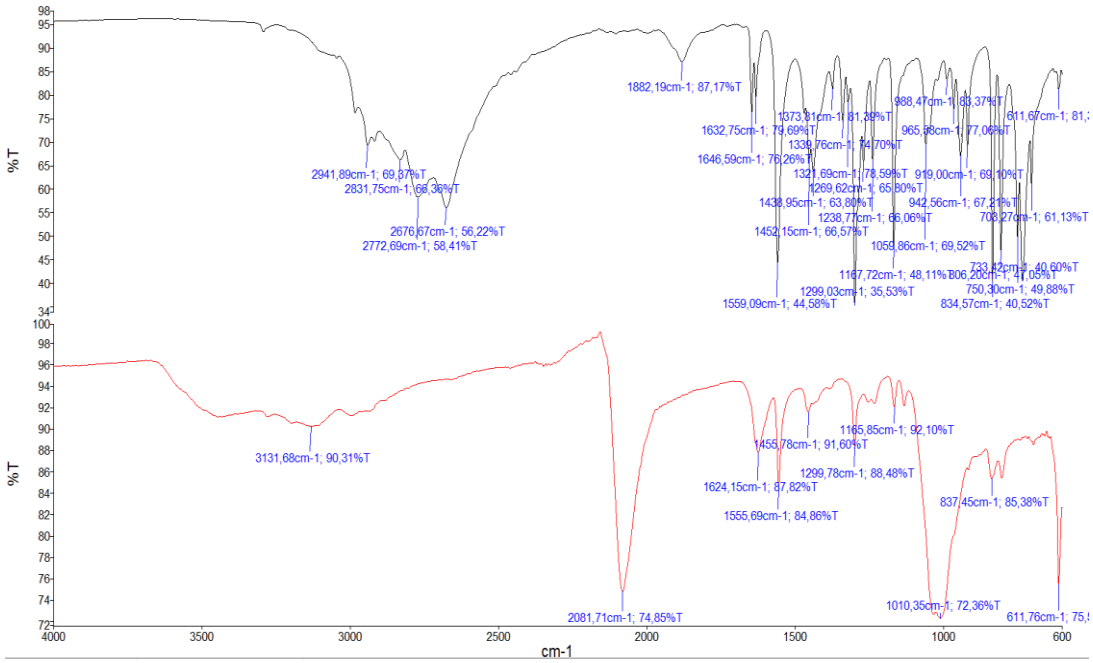


Рис. 2. **Инфракрасный спектр метилэтилпиридинола гидрохлорида (сверху; чёрная линия) и комплекса La(III) с метилэтилпиридинолом и гексаизотиоцианохромат-(III) анионом (снизу; красная линия)**

Fig. 2. Infrared spectrum of methylethylpyridinol hydrochloride (upper; black line) and the La(III) complex with methylethylpyridinol and hexaisothiocyanochromate-(III) anion (bottom; red line)

Таблица 2. **Основные колебательные моды на инфракрасных спектрах**

метилэтилпиридинола и комплекса La(III) с метилэтилпиридинолом и гексаизотиоцианохромат-(III) анионом

Table 2. Main infrared spectrum modes of methylethylpyridinole and La(III) complex with methylethylpyridinole and hexaisothiocyanochromate-(III) anion

Инфракрасный спектр метилэтилпиридинола гидрохлорида Infrared spectrum of methylethylpyridinole hydrochloride		**Инфракрасный спектр комплекса La(III) с метилэтилпиридинолом и гексаизотиоцианохромат-(III) анионом** Infrared spectrum of La(III) complex with methylethylpyridinole and hexaisothiocyanochromate-(III) anion	
ν, см$^{-1}$ ν, cm^{-1}	**Функциональная группа** Functional group	**ν, см$^{-1}$** ν, cm^{-1}	**Функциональная группа** Functional group
2941,89; 2831,75; 2772,69; 2676,67	NH^+	3131,68	H_2O внешнесферная
1882,19	обертон пиридинового кольца	2081,71	NCS (изотиоцианатная группа)
1559,09; 1452,15; 1167,72	пиридиновое кольцо	1624,15	H_2O внутрисферная
1339,76	C-O	1555,59; 1455,78; 1165,85	пиридиновое кольцо
–	–	1299,78	C-O
–	–	1010,35	Cr^{3+}-N
–	–	837,45	NCS (дополнительный признак наличия)

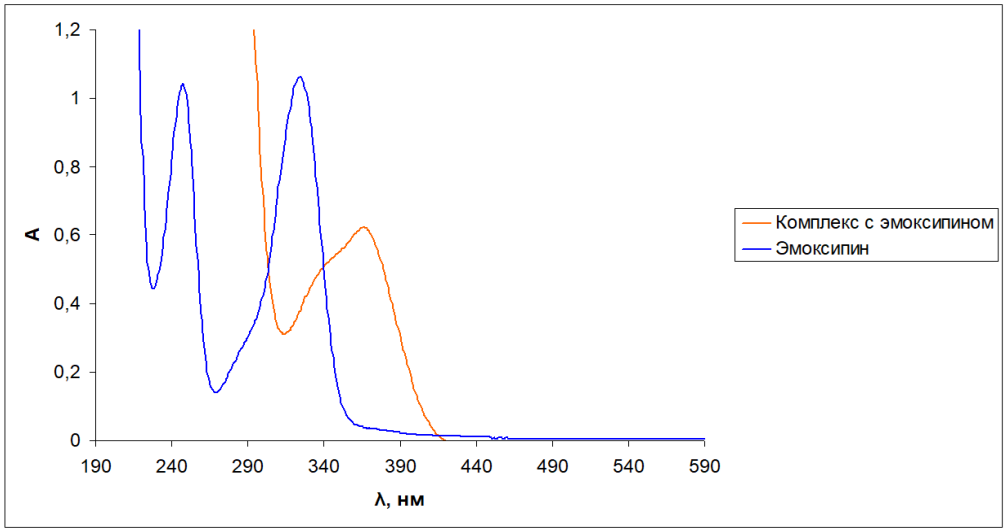


***Рис. 3.* Электронный спектр метилэтилпиридинола гидрохлорида (синяя линия) и комплекса La(III) с метилэтилпиридинолом и гексаизотиоцианохромат-(III) анионом (оранжевая линия)**

Fig. 3. Electronic spectrum of methylethylpyridinole hydrochloride (blue line) and La(III) complex with methylethylpyridinole and hexaisothiocyanochromate-(III) anion (orange line)

Результаты и их обсуждение

С целью подтверждения химической природы полученного соединения записаны ИК (рис. 2) и электронные спектры исходного органического лиганда и комплекса (рис. 3). Сведения об основных колебательных модах обобщены в таблице 2.

Как показывают данные колебательной спектроскопии, лантан вступает в координацию через кислород гидроксильной группы метилэтилпиридинола, на что указывает смещение C-O с 1339 см$^{-1}$ у лиганда до 1299 см$^{-1}$ ($\Delta\nu$ = 40 см$^{-1}$) у комплекса. Пиридиновое кольцо не участвует в координации. Наличие объемного инертного аниона, содержащего изотиоцианатную группу, подтверждает полоса большой интенсивности в 2081 см$^{-1}$, а

также 837 см$^{-1}$ (δ_{NCS}). Пик в 1010 см$^{-1}$ принадлежит связи Cr^{3+}-N. Широкая полоса низкой интенсивности в 3131 см$^{-1}$ указывает на наличие кристаллизационной воды, содержащейся в комплексе, 1624 см$^{-1}$ – признак координационной (внутрисферной) воды.

Результаты анализа ИК-спектра согласуются с теорией жёстких и мягких кислот и оснований (ЖМКО), согласно которой La^{3+} – жёсткий катион, отдающий преимущественное предпочтение в координации через кислород, а не через азот (присутствующий в пиридиновом кольце лиганда).

Электронный спектр (рис. 3) метилэтилпиридинола гидрохлорида имеет 2 максимума поглощения: 249 и 325 нм. При образовании комплекса с $[Cr(NCS)_6]^{3-}$ и La^{3+} наблюдается батохромный сдвиг до 367 нм относительно исходного лиганда, причем в отсутствие гексаизотиоцианохромат-(III) аниона комплексообразование не происходит. Исходя из описанных выше наблюдений, можно предположить, что в электронном спектре наблюдается перенос заряда (change transfer).

Таким образом, согласно установленному комплексом химических и физико-химических методов составу объект исследования обладает следующей предполагаемой структурой (рис. 4).

Спектрофотометрическим методом согласно методике [13] определена константа устойчивости (β) координационного соединения La(III) с метилэтилпиридинолом (МЕР) и гексаизотиоцианохромат-(III) анионом. Применен подход, рассматривающий комплекс как труднорастворимый электролит, две внутренние сферы которого диссоциируют согласно схеме, приведенной ниже:

$$[La(MEP)_3(H_2O)_2]^{s}[Cr(NCS)_6]^{s} \rightarrow La^{3+}{}_{3s} + 3MEP + 2H_2O + Cr^{3+}{}_{6s} + 6NCS^-,$$

откуда выражение для ПР = $s\cdot(3s)^3\cdot(2s)^2\cdot s\cdot(6s)^6 = 5{,}04\cdot10^6 s^{13}$, где s – растворимость комплекса (г/мл), расчет которой производился по графику насыщаемости (рис. 5).

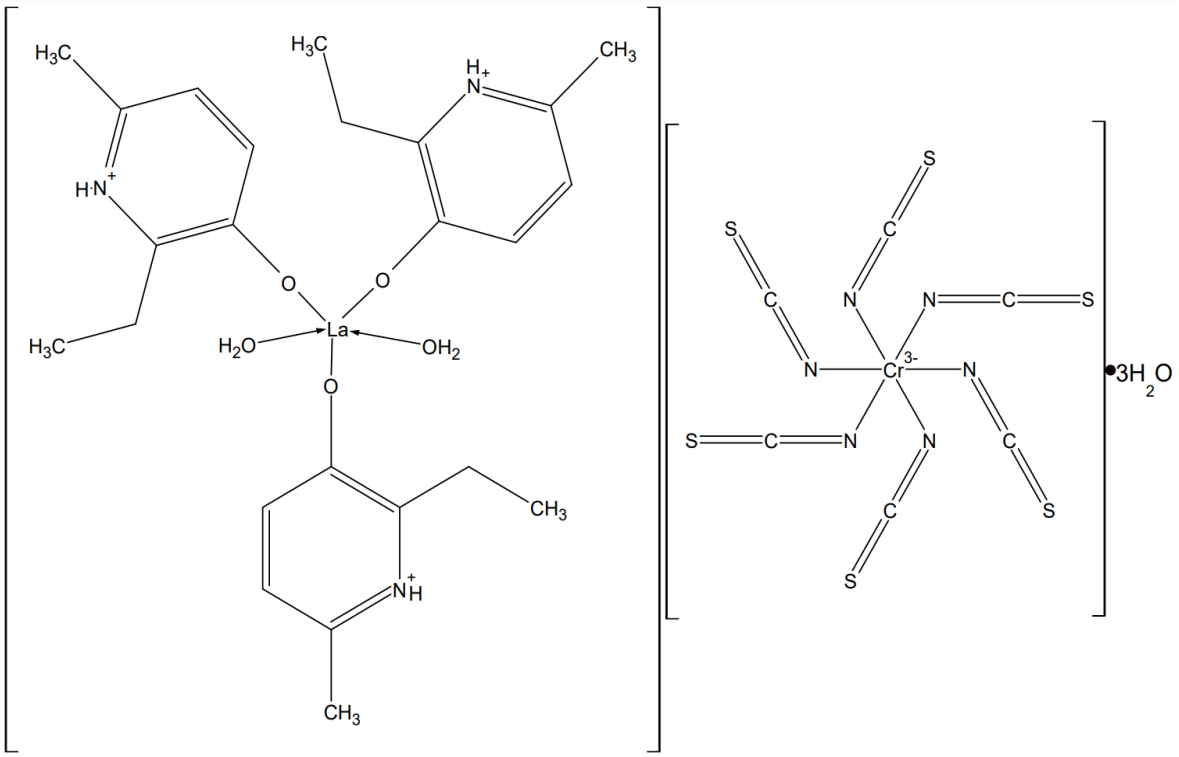


Рис. 4. **Структура комплекса La(III) с метилэтилпиридинолом и гексаизотиоцианохромат-(III) анионом (оранжевая линия)**
Fig. 4. The structure of La(III) complex with methylethylpyridinole and hexaisothiocyanochromate-(III) anion

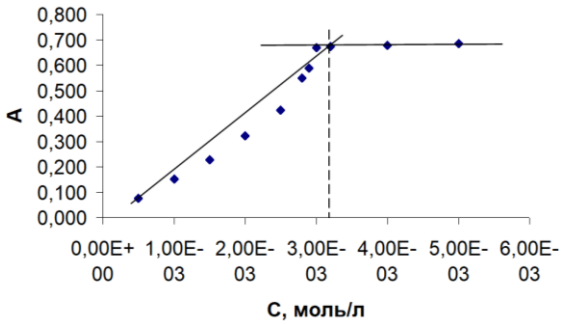


Рис. 5. **График насыщаемости комплекса La(III) с метилэтилпиридинолом и гексаизотиоцианохромат-(III) анионом**
Fig. 5. Saturation graph of La(III) complex with methylethylpyridinole and hexaisothiocyanochromate-(III) anion

$\beta = 5{,}04 \cdot 10^{6} s^{13} = 3{,}17 \cdot 10^{14}$; $\lg \beta = 14{,}5$.

$$K_{нест} = \frac{1}{\beta} = \frac{1}{3{,}17 \cdot 10^{14}} = 3{,}15 \cdot 10^{-15}.$$

Несмотря на то, что рассматриваемое комплексное соединение можно считать достаточно устойчивым, а значение константы нестойкости – низким, существуют способы дальнейшего уменьшения $K_{нест}$ за счет химической модификации одного из лигандов (метилэтилпиридинола). Компьютерное моделирование позволяет решить эту задачу для отбора наиболее перспективных структур для дальнейших синтезов. Расчеты проводились для стандартных условий (T = 298,15 K).

Как показали данные квантово-химических расчетов, исходная катионная внутренняя сфера имеет геометрию пропеллерообразной формы (рис. 6), что, согласно литературным данным [14], может указывать на наличие каталитических свойств. Похожей структурой обладает и двойная комплексная соль с никотиновой кислотой [15].

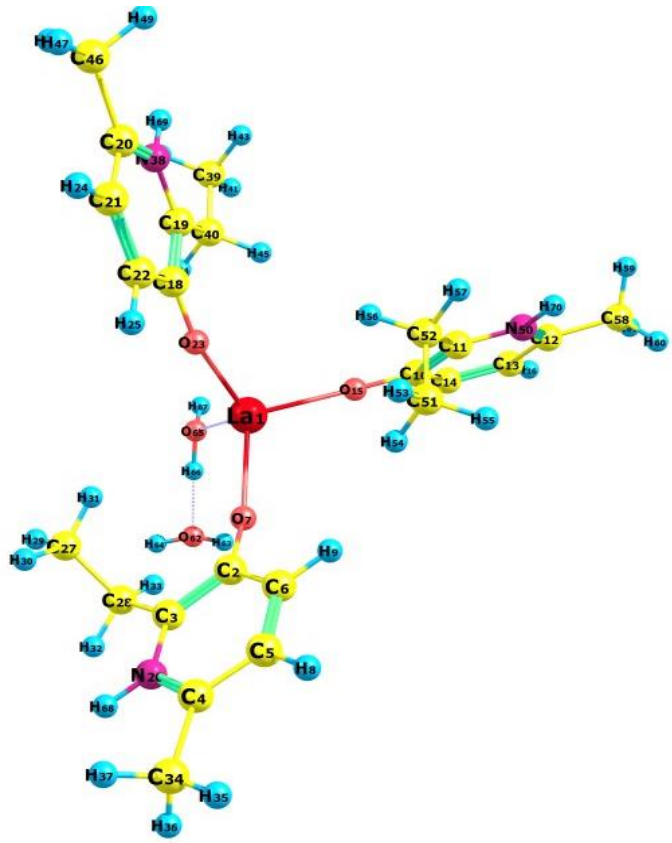
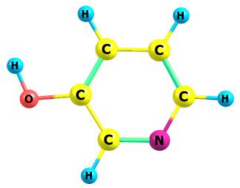
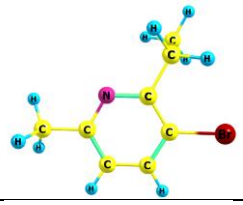
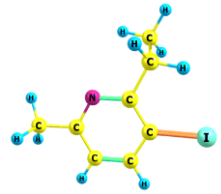
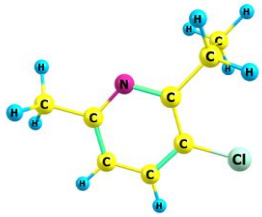
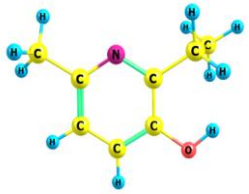
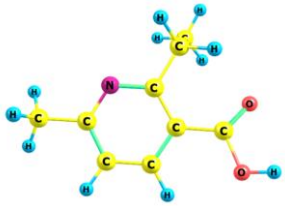
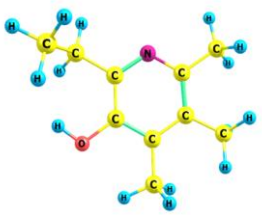


Рис. 6. **Строение внутренней сферы комплекса состава $[La(MEP)_3(H_2O)_2]^{3+}$**
Ключевые длины связи: $l(La\text{-}O_7)$ = 2,19 Е; $l(La\text{-}O_{15})$ = 2,20 Е; $l(La\text{-}O_{65})$ = 2,77 Е.
Ключевые валентные углы: ∠ $(O_{23}LaO_7)$ = 115,27°, ∠ $(O_{15}LaO_{23})$ = 110,63°, ∠ $(O_{15}LaO_7)$ = 112,734°
Fig. 6. The structure of inner shell of the complex with a structure $[La(MEP)_3(H_2O)_2]^{3+}$
Key bond lengths: $l(La\text{-}O_7)$ = 2,19 E; $l(La\text{-}O_{15})$ = 2,20 E; $l(La\text{-}O_{65})$ = 2,77 E.
Key valence angles: ∠$(O_{23}LaO_7)$ = 115,27°, ∠ $(O_{15}LaO_{23})$ = 110,63°, ∠ $(O_{15}LaO_7)$ = 112,734°

Предложены следующие структуры катиона $[LaL_3(H_2O)_2]^{3+}$, где L – органический лиганд, способные заменить метилэтилпиридинол в объекте исследования (табл. 3).

Таблица 3. **Свободные энергии Гиббса метилэтилпиридинола и органических лигандов на его основе**

Table 3. Gibbs free energies of methylethylpyridinol and organic ligands based on it

Структура Structure	**Название (ИЮПАК)** Name (IUPAC)	**$\Delta G^{o}_{f(теор.)}$, кДж/моль** $\Delta G^{o}_{f(theoretical)}$, kJ/mol
	пиридин-3-ол	-161,022
	3-бромо-2-этил-6-метилпиридин	-315,578
	3-йодо-2-этил-6-метилпиридин	-316,981
	2-этил-3-хлоро-6-метилпиридин	-320,778
	6-метил-2-этилпиридин-3-ол (метилэтилпиридинол)	-358,120
	6-метил-2-этилпиридин-3-карбоновая кислота	-379,129
	2-этил-4,5,6-триметилпиридин-3-ол	-491,160

Из уравнения изотермы можно выразить константу устойчивости, которая рассчитывается из свободной энергии Гиббса комплексообразования:

$$\Delta G = -RT \cdot \ln K_p = -RT \cdot \ln \beta, \quad \text{откуда}$$

$$\beta = \exp(-\frac{\Delta G}{RT})$$

Рассматриваемая реакция, протекающая в водном растворе, может быть записана в общем виде:

$$K_3[Cr(NCS)_6]\cdot H_2O + La(NO_3)_3\cdot 6H_2O + 3L \rightarrow [LaL_3(H_2O)_2][Cr(NCS)_6]\cdot 3H_2O + 2H_2O.$$

В таблице 4 рассчитаны значения свободной энергии Гиббса комплексообразования и теоретические константы нестойкости для всех семи структур, в том числе и для производных метилэтилпиридинола, с учетом $\Delta G^o_f(K_3[Cr(NCS)_6]\cdot H_2O)$ь = -4059,511 кДж/моль, $\Delta G^o_f(La(NO_3)_3\cdot 6H_2O)$ = -2723,804 кДж/моль, $\Delta G^o_f(H_2O)$ = -237,789 кДж/моль.

Анализ данных таблицы 4 показывает сложную зависимость константы устойчивости от структуры органического лиганда, входящего в состав катионной внутренней сферы комплекса. Устойчивость выросла на 5 порядков для 6-метил-2-этилпиридин-3-карбоксилат-аниона – сильного кислород-донорного лиганда вследствие наличия предварительно депротонированной карбоксильной группы. Примерно на 1,5 порядка выросла устойчивость внутренней сферы, содержащей пиридин-3-ол, что объясняется отсутствием стерического эффекта из-за наличия двух углеводородных радикалов. Дальнейшее введение углеводородных радикалов и галогенов в пиридиновое кольцо стерический эффект только усиливает, что ослабляет устойчивость двойных комплексных солей.

Заключение

Синтезирован и исследован комплекс La(III) с метилэтилпиридинолом и гекса(изотиоциано)хромат-(III) анионом. Установлен его состав и строение с использованием ИК- и электронных спектров, а также методами количественного анализа. Показано, что лантан координируется через кислород гидроксильной группы метилэтилпиридинола, а анион $[Cr(NCS)_6]i^-$ выступает в роли инертного противоиона. Константа устойчивости комплекса, определённая экспериментально, составила lg β = 14,5, что подтверждает его высокую стабильность. Квантово-химические расчёты позволили оценить геометрию внутренней сферы катиона $[LaL_3(H_2O)_2]i^+$ и предсказать влияние структурных модификаций лиганда на константы устойчивости. Установлено, что депротонированные кислородные доноры (например, карбоксилаты) значительно повышают устойчивость комплексов, тогда как введение объёмных алкильных и галогензаместителей её снижает. Полученные результаты подтверждают возможность рационального выбора органических лигандов для конструирования двойных комплексных солей с заданными свойствами и открывают перспективы их применения как термоиндикаторных материалов и потенциальных катализаторов.

Таблица 4. **Свободная энергия Гиббса комплексообразования, теоретические константы устойчивости для комплексов метилэтилпиридинола и производных**
Table 4. Gibbs free energy of complex formation, theoretical stability constants for methylethylpyridinol complexes and derivatives

Название органического лиганда (ИЮПАК) Name of the organic ligand (IUPAC)	**ΔG^o(комплексообразования), кДж/моль** ΔG^o(complex formation), kJ/mol	**λg β (теор.)** λg β (theoretical)
6-метил-2-этилпиридин-3-карбоксилат-анион	-119,08	20,86
пиридин-3-ол	-94,08	16,48
6-метил-2-этилпиридин-3-ол (метилэтилпиридинол)	-85,92	15,05
2-этил-4,5,6-триметилпиридин-3-ол	-78,15	13,69
2-этил-3-хлоро-6-метилпиридин	-61,54	10,78
3-бромо-2-этил-6-метилпиридин	-54,35	9,52
3-йодо-2-этил-6-метилпиридин	-43,67	7,65

Список источников

1. Черкасова Т. Г., Черкасова Е. В., Черкасов В. С. Структуры двойных комплексных солей с термохромными свойствами // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 3(121). С. 175-183. EDN: YYZINP

2. Shubin YV, Vedyagin AA, Zubavichus YV, Plyusnin PE, Kirilovich AK, et al. The peculiarities of Au–Pt alloy nanoparticles formation during the decomposition of double complex salts. *Journal of Alloys and Compounds*. 2018;740:935-940. DOI: 10.1016/j.jallcom.2018.01.122

3. Oezaslan M, Hasché F, Strasser P. In situ observation of bimetallic alloy nanoparticle formation and growth using high-temperature XRD. *Chemistry of Materials*. 2011;23(8):2159-2165. DOI: 10.1021/cm1036233

4. Черкасова Е. В., Черкасова Т. Г., Горюнова И. П., Исакова И. В., Буланова Т. В. Получение и сравнительная характеристика комплексных соединений на основе роданидных анионов хрома (III) // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2016. № 1(113). С. 160-163. EDN: YJUWBX

5. Черкасова Е. В., Осипенко А. А. Химические термоиндикаторы // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2014. № 1(101). С. 94-95. EDN: RWMPMV

6. Meyn M, Beneke K, Lagaly G. Anion-exchange reactions of hydroxy double salts. *Inorganic Chemistry*. 1993;32(7):1209-1215. DOI: 10.1021/ic00059a009

7. Львов М. Ю., Никитина С. Д., Лесив А. В. Применение термоиндикаторов для контроля состояния контактов и контактных соединений при эксплуатации электрооборудования // Электрические станции. 2023. № 2(1099). С. 44-51. EDN: JKJDYI

8. Stewart JJP. Optimization of parameters for semiempirical methods VI: more modifications to the NDDO approximations and re-optimization of parameters. *Journal of Molecular Modeling*. 2013;19(1):1-32. DOI: 10.1007/s00894-012-1667-x

9. Neese F. The ORCA program system. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*. 2012;2(1):73-78. DOI: 10.1002/wcms.81

10. Zhurko G. A. Chemcraft – graphical program for visualization of quantum chemistry computations. Ivanovo, Russia: 2005. URL: https://chemcraftprog.com (дата обращения: 25.08.2025).

11. Шубина А. А., Орлова Т. Н. Синтез и особенности структуры комплексных соединений La(III) с органическими лигандами // Cifra. Химия. 2024. № 1(1). URL: https://chemistry.cifra.science/archive/1-1-2024-april/10.18454/CHEM.2024.1.5 (дата обращения:

References

1. Cherkasova TG, Cherkasova EV, Cherkasov VS. Structures of double complex salts with thermochromic properties. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University.* 2017(3(121):175-183. (In Russ). EDN: YYZINP

2. Shubin YV, Vedyagin AA, Zubavichus YV, Plyusnin PE, Kirilovich AK, et al. The peculiarities of Au–Pt alloy nanoparticles formation during the decomposition of double complex salts. *Journal of Alloys and Compounds*. 2018;740:935-940. DOI: 10.1016/j.jallcom.2018.01.122

3. Oezaslan M, Hasché F, Strasser P. In situ observation of bimetallic alloy nanoparticle formation and growth using high-temperature XRD. *Chemistry of Materials*. 2011;23(8):2159-2165. DOI: 10.1021/cm1036233

4. Cherkasova EV, Cherkasova TG, Goryunova IP, Isakova IV, Bulanova TV. Preparation and comparative characteristics complex compounds based thiocyanate anions chromium (III). *Bulletin of the Kuzbass State Technical University.* 2016(1(113):160-163. (In Russ). EDN: YJUWBX

5. Cherkasova EV, Osipenko AA. Chemical thermo-indicators. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2014(1(101):94-95. (In Russ). EDN: RWMPMV

6. Meyn M, Beneke K, Lagaly G. Anion-exchange reactions of hydroxy double salts. *Inorganic Chemistry*. 1993;32(7):1209-1215. DOI: 10.1021/ic00059a009

7. Lvov MY, Nikitina SD, Lesiv AV. Methodological principles of monitoring the condition of contacts and contact connections during the operation of electrical equipment using thermal indicators. *Elektricheskie Stantsii.* 2023(2(1099):44-51. (In Russ). EDN: JKJDYI

8. Stewart JJP. Optimization of parameters for semiempirical methods VI: more modifications to the NDDO approximations and re-optimization of parameters. *Journal of Molecular Modeling*. 2013;19(1):1-32. DOI: 10.1007/s00894-012-1667-x

9. Neese F. The ORCA program system. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*. 2012;2(1):73-78. DOI: 10.1002/wcms.81

10. Zhurko G. A. Chemcraft – graphical program for visualization of quantum chemistry computations. Ivanovo, Russia: 2005. URL: https://chemcraftprog.com (дата обращения: 25.08.2025). *Cifra. Chemistry.* 2024(1(1). URL: https://chemistry.cifra.science/archive/1-1-2024-april/10.18454/CHEM.2024.1.5 (accessed 22.08.2025). (In Russ). DOI: 10.18454/CHEM.2024.1.5. EDN: PDVQEC

12. Rudometkina TF, Ivanov VM. Photometric determination of chromium in natural and indus-

22.08.2025). DOI: 10.18454/CHEM.2024.1.5. EDN: PDVQEC

12. Рудомёткина Т. Ф., Иванов В. М. Фотометрическое определение хрома в природных и промышленных объектах в форме этилендиаминтетраацетата // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. 2013. Т. 54. № 3. С. 164-167. EDN: RBZYTN

13. Nomozov A. The spectrophotometric determination of copper (II) ion with 7-bromo-2-nitroso-1-oxinaphthalene-3,6-disulphocid. *Indian Journal of Chemistry*. 2024;63(5):500-505.

14. Maddocks J, Mahesh M, Sampani SI, Dixon AC, Nielsen CD-T, et al. Single enantiomer propeller-shaped polynuclear complexes as catalysts-proof-of-concept for enantioinduction in a Michael addition reaction. *Royal Society Open Science*. 2025;12(3):241537. DOI: 10.1098/rsos.241537

15. Черкасова Е. В., Черкасова Т. Г. Физико-химические характеристики материалов на основе лантаноидов цериевой группы и хрома // Известия высших учебных заведений. Серия Химия и химическая технология. 2022. Т. 65. № 10. С. 54-60. DOI: 10.6060/ivkkt.20226510.6643. EDN: MAYMEB

trial objects in the form of ethylenediaminetetraacetates. *Moscow University Chemistry Bulletin.* 2013;54(3):164-167. (In Russ). EDN: RBZYTN

13. Nomozov A. The spectrophotometric determination of copper (II) ion with 7-bromo-2-nitroso-1-oxinaphthalene-3,6-disulphocid. *Indian Journal of Chemistry*. 2024;63(5):500-505.

14. Maddocks J, Mahesh M, Sampani SI, Dixon AC, Nielsen CD-T, et al. Single enantiomer propeller-shaped polynuclear complexes as catalysts-proof-of-concept for enantioinduction in a Michael addition reaction. *Royal Society Open Science*. 2025;12(3):241537. DOI: 10.1098/rsos.241537

15. Cherkasova EV, Cherkasova TG. Physicochemical characteristics of materials based on cerium and chromium lanthanoides. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya*. 2022;65(10):54-60. (In Russ). DOI: 10.6060/ivkkt.20226510.6643. EDN: MAYMEB

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

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 La(III) с метилэтилпиридинолом и гекса(изотиоциано)хромат-(III) анионом, запись и анализ инфракрасного и электронного спектров комплекса; Орлова Т. Н. — проведение квантово-химических расчетов, анализ литературных данных, разработка структуры статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.08.2025
Одобрена после рецензирования 08.08.2025
Принята к публикации 12.08.2025

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

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 the La(III) complex compound with methylethylpyridinol and hexa(isothiocyano)chromate-(III) anion, recording and analysis of infrared and electronic spectra; Orlova T. N. – providing quantum calculations, analysis of references, development of the paper structure.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 01.08.2025
Approved after reviewing 08.08.2025
Accepted for publication 12.08.2025

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 911.2
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-32-41
EDN: EJACAI

Современные географические особенности развития туризма в Республике Дагестан

©2025Алиев Ш. М.[1], Атаев З. В.[1, 2, 3]✉, Акавова Г. К.[1]
[1]Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова
Махачкала, Россия, sharafudin_aliev@mail.ru, zagir05@mail.ru✉, gozelika@mail.ru
[2]Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук
Махачкала, Россия, zagir05@mail.ru
[3]Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
Нальчик, Россия, zagir05@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Цели. Выполнить комплексный географический анализ предпосылок, динамики и ограничений развития туризма в Республике Дагестан; обосновать модель территориальной организации туризма и предложить инструменты устойчивого роста отрасли при сохранении природного и культурного наследия. **Материал и методы.** Использованы официальные сведения за 2020-2024 гг. (туристские потоки, объёмы услуг, номерной фонд, маршруты и аттестация гидов), региональные нормативные документы, данные о природных ресурсах (ООПТ, гидрология, бальнеология), а также научные публикации. Применены системный и территориальный подходы, статистический анализ динамических рядов, контент-анализ источников, экспертная оценка ресурсной ёмкости, инфраструктурной готовности и экологической уязвимости; картографическое обобщение по трём природно-территориальным зонам и кейс-анализ «узлов роста». **Результаты.** Географическое положение на стыке контрастных природных зон, разнообразие рельефа и высокое биоразнообразие формируют многопродуктовый и полисезонный туристский профиль региона. Отмечен устойчивый рост спроса, расширение номерного фонда и событийной повестки при сохраняющихся узких местах инфраструктуры и экологических рисках. Падение уровня Каспийского моря усиливает трансформацию прибрежных ландшафтов. Предложена трёхконтурная модель развития: опорные «узлы роста»; зоны распределения потоков; охранные ядра с квотированием. Сформулирован пакет мер: зонирование и лимитирование посещаемости хрупких объектов, экостандарты и локальные очистные сооружения, развитие бальнеологического направления, экопросвещение, подготовка кадров, цифровые сервисы маршрутизации. **Выводы.** Географические преимущества Дагестана обеспечивают высокий потенциал конкурентоспособного турпродукта при условии управляемого роста. Устойчивость требует приоритизации инвестиций в «узлы роста», диверсификации маршрутов для разгрузки «точек притяжения», повышения качества сервиса и вовлечения местных сообществ; реализация предложенной модели позволит наращивать экономический вклад туризма без утраты природного и культурного капитала.

Ключевые слова: туризм, география туризма, туристско-рекреационный потенциал, ландшафтное разнообразие, Каспийское побережье, Северный Кавказ, Дагестан, экологический туризм, устойчивое развитие, туристская инфраструктура.

Благодарность

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 25-17-20040 «Пространственно-временная изменчивость приморских природных и антропогенных ландшафтов Дагестана под влиянием современных климатических изменений и колебаний уровенного режима Каспийского моря».

Формат цитирования: Алиев Ш. М., Атаев З. В., Акавова Г. К. Современные географические особенности развития туризма в Республике Дагестан // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 2. С. 32-41. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-32-41. EDN: EJACAI

Current Geographical Features of Tourism Development in the Republic of Dagestan

©2025**Sharafudin M. Aliev** [1], **Zagir V. Ataev** [1, 2, 3]✉, **Gozel K. Akavova**[1]
[1]Gamzatov Dagestan State Pedagogical University
Makhachkala, Russia, sharafudin_aliev, zagir05@mail.ru✉, gozelika@mail.ru
[2]Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
Makhachkala, Russia, zagir05@mail.ru
[3]Kabardin-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Nalchik, Russia, zagir05@mail.ru

ABSTRACT. Aims. To carry out a comprehensive geographical analysis of the prerequisites, dynamics and tourism development limitations in the Republic of Dagestan; to substantiate the model for territorial organization of tourism and to propose tools for sustainable growth of the industry while preserving natural and cultural heritage. **Materials and methods.** Official information for 2020-2024 was used (tourist flows, volumes of services, number of rooms, routes and certification of guides), regional regulatory documents, data on natural resources (protected areas, hydrology, balneology), as well as scientific publications. Systematic and territorial approaches, statistical analysis of dynamic series, content analysis of sources, expert assessment of resource capacity, infrastructural readiness and environmental vulnerability, cartographic generalization of three natural-territorial zones and case analysis of "growth nodes" are applied. **Results.** The geographical location at the junction of contrasting natural zones, the diversity of relief and high biodiversity form a multi-productive and multi-seasonal tourist profile of the region. There was a steady increase in demand, expansion in the number of rooms and the event agenda, while infrastructure bottlenecks and environmental risks persisted. The falling in the Caspian Sea level enhances the transformation of coastal landscapes. A three-circuit model of development is proposed: supporting "growth nodes"; flow distribution zones; security cores with quotas. It has been formulated the package of measures: zoning and visitor restrictions for fragile sites, environmental standards and local treatment facilities, development of balneological services, environmental education, personnel training and digital routing services. **Conclusions.** Dagestan's geographic advantages provide high potential for a competitive tourism product, provided growth is managed. Sustainability requires prioritizing investments in growth hubs, diversifying routes to relieve pressure on hotspots, improving service quality and engaging local communities. Implementation of the proposed model will increase the economic contribution of tourism without losing natural and cultural capital.

Keywords: tourism, tourism geography, tourism and recreational potential, landscape diversity, Caspian coast, North Caucasus, Dagestan, ecotourism, sustainable development, tourism infrastructure.

Acknowledgment

The research was financially supported by the Russian Science Foundation grant No. 25-17-20040 "Spatio-temporal variability of coastal natural and anthropogenic landscapes of Dagestan under the influence of current climate change and fluctuations in the Caspian Sea level regime".

For citation: Aliev ShM, Ataev ZV, Akavova GK. Current Geographical Features of Tourism Development in the Republic of Dagestan. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(2):32-41. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-32-41. EDN: EJACAI

Введение

Туризм является одним из наиболее динамичных сегментов мировой и российской экономики и одновременно – чувствительным индикатором пространственных различий качества среды и уровня жизни населения. Для регионов, обладающих значительным природно-культурным наследием, туристско-рекреационный комплекс выступает

стратегической «точкой роста», способной формировать новые рабочие места, стимулировать развитие малого предпринимательства, поддерживать традиционные промыслы и повышать узнаваемость территории. Республика Дагестан выгодно выделяется в системе внутреннего туризма России: на относительно небольшой площади здесь сочетаются морское побережье Каспийского моря, предгорья и высокогорные хребты Большого Кавказа, уникальные этнографические ландшафты, богатейшая история и геополитическое положение на стыке цивилизаций. Эта сочетанность обусловливает высокую диверсификацию туристского продукта и полисезонность рекреационной деятельности. Государственная программа Республики Дагестан закрепляет приоритетный статус туристско-рекреационного комплекса [1].

Постпандемийный рост внутреннего туризма привёл к беспрецедентной динамике: в 2024 г. зафиксировано около 1,85 млн прибытий [2]. При этом ускорившийся спрос обнажил инфраструктурные и экологические ограничения, требующие научно обоснованных решений, основанных на географическом анализе и принципах устойчивости. Актуальность исследования определяется необходимостью научного синтеза географических факторов туристского развития и выработки территориально-дифференцированных рекомендаций по устойчивому освоению ресурсов.

Цель статьи – выявить пространственные закономерности развития туризма в Дагестане и предложить инструменты управления ростом, минимизирующие экологические и социальные издержки. Для достижения цели решаются задачи: 1) характеристика природно-географических предпосылок туризма; 2) оценка культурно-исторических и социально-экономических факторов; 3) анализ динамики туристского спроса и инфраструктуры; 4) выделение кластеров и «узлов роста»; 5) формирование мер устойчивого развития.

Материалы и методы исследования

Теоретико-методологические основы оценки туристско-рекреационного потенциала и пространственной организации туризма представлены в отечественной и зарубежной литературе. Для Северного Кавказа значимы работы, посвящённые природно-ресурсной оценке территорий, территориальному маркетингу, кластерной политике, устойчивому и экологическому туризму. В контексте Дагестана особое значение имеют исследования рекреационного потенциала природных районов республики, в которых обоснованы ресурсные предпосылки и ограничения освоения, предложены сценарии развития и оценены эколого-экономические эффекты [3]; исследования туристско-рекреационного пространства как объекта региональной политики, где акцент сделан на институциональные механизмы и межотраслевую координацию [4]; работы по восприятию туристом инокультурной среды и роли культуры сервиса [5]. Региональная нормативная база представлена госпрограммой развития туристско-рекреационного комплекса (с актуализацией на 2024 г.), задающей цели, индикаторы и инструменты поддержки инвестпроектов [1].

Вместе с тем существует дефицит комплексных географических исследований, объединяющих природные, культурные и экономические факторы в единую модель пространственной организации туризма с учётом быстрых изменений спроса (постпандемийный всплеск внутреннего туризма), климатических трендов и вызовов устойчивости. Настоящая работа направлена на восполнение указанного пробела, опираясь на системный подход и сопоставление разнотипных источников данных.

Информационную базу составили: а) официальные статистические материалы органов управления туризмом (число прибытий, объём услуг, номерной фонд, сертификация гидов и маршрутов, событийный календарь, 2020-2024 гг.) [2]; б) сведения о природных ресурсах (реестр ООПТ, перечни водных, бальнеологических и геоморфологических объектов) [6]; в) данные транспортной доступности, размещения и благоустройства ключевых локаций [7; 8]; г) региональные нормативные документы и проектные решения (кластерные проекты, программы благоустройства); д) научные публикации по географии туризма, устойчивому развитию и региональной политике [3; 9-13]. Методы: системный и территориальный

анализ; контент-анализ источников; статистический анализ динамических рядов; экспертная оценка ограничений и уязвимостей; типологизация природно-территориальных зон (приморская, предгорная, горная) и выделение «узлов роста» (Махачкала–Каспийск–Дербент, Гуниб–Сулакский каньон, южнопригранничный кластер).

Для сопоставимости использованы агрегированные показатели: ресурсная ёмкость (категоризированная шкала по ландшафтному разнообразию, климатическому комфорту, водно-бальнеологическим факторам, культурному наследию), инфраструктурная готовность (доступность, размещение, благоустройство), экологическая уязвимость (хрупкость экосистем, санитарная нагрузка, дефицит воды), социальные эффекты (занятость, вовлечённость местных сообществ). Ряд оценок представлен в виде сводных таблиц и текстовых картографических описаний.

Результаты и их обсуждение

Природно-географические предпосылки развития туризма. Дагестан располагается на стыке трёх крупных природных систем – Большого Кавказа, Прикаспийской низменности и Каспийского моря, что предопределяет резкую контрастность высот (от -29 до >4466 м на расстоянии 150-200 км), климатических режимов и ландшафтной мозаики. Для прибрежной полосы характерны широкие песчаные пляжи, мелководные участки, устьевые и лагунные комплексы, дюнно-барханные формы рельефа (песчаная гора Сарыкум, прибрежные дюны), солончаки и приморские степи. Предгорья отличаются чередованием карстовых и эрозионных форм (теснины, поноры, карстовые пещеры), платообразными поверхностями, живописными каньонами. Горные районы представлены высоко расчленёнными хребтами, глубокими долинами и цирками, водопадами (Тоботский, Салтинский, Хучнинский), горными плато и скальными амфитеатрами, уникальными этноландшафтами (горные аулы на крутых террасах). Ключевой «визитной карточкой» является Сулакский каньон – самый глубокий каньон в Европе и России, предоставляющий возможности для панорамного туризма, рафтинга и пеших маршрутов.

Климатическая дифференциация обеспечивает полисезонность рекреации. Приморская зона характеризуется мягкой зимой и тёплым длительным летом; предгорья – более континентальными режимами, благоприятными для межсезонных маршрутов; высокогорье – условиями летней прохладной рекреации и зимних форм активного отдыха (с потенциалом для небольших горнолыжных площадок). Отмечается усиление субтропических черт в южной части побережья, расширяющее возможности санаторно-курортного лечения. Водно-бальнеологические ресурсы представлены густой сетью горных рек (Сулак, Самур и др.), водохранилищами (Чиркейское, Ирганайское), сотней озёр и более чем 300 минеральными источниками, среди которых бальнеологически значимы Талги, Каякент, Ахты, Рычал-су. Их рациональное освоение способно придать отрасли круглогодичный характер.

Биологическое разнообразие и особо охраняемые природные территории (ООПТ). Высокие показатели биологического разнообразия Дагестана (около 4000 видов сосудистых растений, до 100 видов млекопитающих, более 350 видов орнитофауны) объясняется пересечением биогеографических зон – от полупустынных комплексов на севере до субальпийских и альпийских лугов и лиановых лесов на юге. Для сохранения природного наследия создана сеть ООПТ международного, федерального и регионального уровней (включая биологический резерват ЮНЕСКО «Кизлярский залив и остров Тюлений», биосферный заповедник «Дагестанский», Самурский национальный парк с дельтовым и высокогорным кластерами, заказники, памятники природы). Эти территории являются ресурсной опорой экологического и научно-познавательного туризма, но требуют строгого нормирования посещаемости и экопросвещения. Экологическая уязвимость выражена в рисках вытаптывания троп, засорения, беспокойства фауны, деградации редких биотопов. Управление потоками (квоты, экотропы с настилами, информационные щиты) снижает нагрузку и повышает качество посещения.

Культурно-исторические и этнографические ресурсы. Дагестан – один из древнейших регионов России, где сосредоточены уникальные памятники архитектуры и археологии. Дербент с крепостью Нарынкала (ЮНЕСКО), средневековые оборонительные линии, старые городские кварталы формируют «якорь» культурного туризма. Горно-селитебные комплексы (Кубачи, Чох, Гоор, Кахиб, Гуниб и др.) отражают традиционные типы расселения, хозяйствования и ремесленного производства (серебряные изделия, керамика, ковры, резьба по дереву). Полиэтничность (более 30 коренных народов) и поликонфессиональность обеспечивают богатую палитру этнографических и гастрономических маршрутов и событий (фестивали, ярмарки, праздники), формируя устойчивый интерес к познавательному туризму. Культурное наследие при грамотном управлении способно стать не только ресурсом привлечения, но и механизмом сохранения локальных идентичностей через вовлечение местных сообществ в туристскую экономику.

Туристский спрос, инфраструктура и «узлы роста». Постпандемийный период ознаменовался стремительным ростом турпотока, расширением номерного фонда и увеличением объёмов услуг. Брендовыми дагестанскими туристскими локациями (рис.) остаются Главный (Каранайский) и Средний (Чиркейский) Сулакские каньоны (видовые площадки, рафтинг), песчаная гора Сарыкум, Карадахская теснина, водопады Тобот, Салтинский, Хучнинский, Гунибское плато, аулы Кубачи, Чох, Старый Кахиб, Старый Гоор, Дербент с Нарынкалой и Старым городом, Самурский лиановый лес, Ирганайское и Чиркейское водохранилища, пляжи Махачкалы, Каспийска, Дербента, Избербаша, горы Базардюзи, Шалбуздаг, Ярыдаг, Бабаку, минеральные источники Талги, Каякент, Ахты, Рычал-су. Из современного реестра туристско-экскурсионной маршрутной сети широко востребованными остаются брендовый кольцевой туристский маршрут «Легенды Дагестана», маршруты «Северные легенды Дагестана», «Южные легенды Дагестана», «Кубачи – аул златокузнецов», «Путешествие по Древнему Кайтагу», «Дербент – южные ворота России», «Дагестан на перекрестке Великого шелкового пути», «Ахты – музей под открытым небом», «Самурский лес – южная сказка», «Дербент – Кавказский Иерусалим», «Башни в горах», «Кизляр – родина П. И. Багратиона» и многие другие.

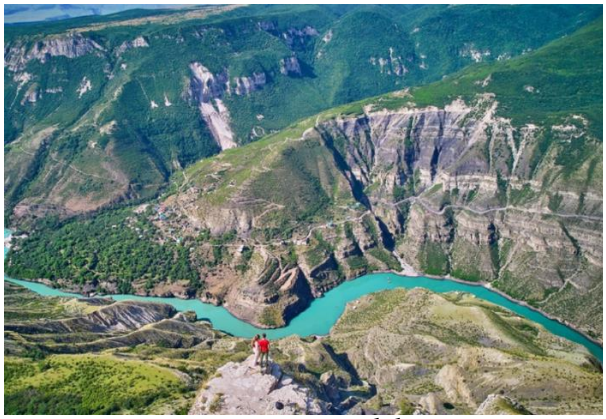
Опорные «узлы роста» сложились в прибрежной зоне (Махачкала – Каспийск – Дербент) и в горных районах (Гуниб, окрестности Сулакского каньона, Карадахская теснина, высокогорные долины). Для прибрежного кластера характерен пляжно-оздоровительный и событийный туризм; для горного – активные и познавательные формы, этно- и экотуризм (табл. 1). Развиваются модульные средства размещения, глэмпинги, кемпинги, элементы благоустройства видовых площадок и экотроп. Вместе с тем инфраструктурная ёмкость ряда локаций остаётся ограниченной: требуются модернизация подъездных дорог, санитарных объектов, систем водо- и электроснабжения, создание центров обслуживания и навигации (табл. 2).



Цитадель Нарынкала / Narynkala Citadel



Песчаная гора Сарыкум / Sarykum Sandy Mountain



Сулакский каньон / Sulak Canyon



Водопад Тобот / Tobot Waterfall



Гунибское плато / Gunib plateau



Самурский лиановый лес / Samur liana forest

***Рис.* Топовые туристские локации Дагестана**
Fig. Top tourist locations of Dagestan

***Таблица 1.* Примерная матрица соответствия видов туризма и территориальных зон**
Table 1. Approximate matrix of correspondence between types of tourism and territorial zones

Вид туризма Type of tourism	**Прибрежная** Coastal	**Предгорная** Foothill	**Горная** Mountain
Пляжный, семейный	+	±	—
Бальнеологический/СПА	+	±	±
Экологический туризм	±	+	+
Альпинизм/скалолазание	—	±	+
Этнографический/гастрономический	±	+	+
Событийный	+	+	±

***Таблица 2.* Сводная оценка ресурсной ёмкости и ограничений туристских зон (Экспертная шкала 1–5)**
Table 2. Summary assessment of the resource capacity and limitations of tourist areas (Expert scale 1-5)

Зона Zone	**Ресурсная ёмкость** Resource capacity	**Инфраструктурная готовность** Infrastructure readiness	**Экологическая уязвимость** Environmental vulnerability	**Ключевые риски** Key risks
Прибрежная	5	3-4	3	Снижение уровня моря, санитарная нагрузка
Предгорная	4	3	3-4	Дефицит воды, вытаптывание экотроп
Горная	5	2-3	4-5	Хрупкость экосистем, мусор, безопасность

Таблица 3. **SWOT-анализ туристского развития Республики Дагестан**
Table 3. SWOT analysis of tourism development in the Republic of Dagestan

Сильные стороны Strengths	**Слабые стороны** Weaknesses
Высокое ландшафтное и культурное разнообразие, полисезонность, морское побережье и горы	Недостаток инфраструктуры, кадровый дефицит, вариативность сервиса
Уникальные объекты (Дербент, Сулакский каньон, Самурский лес, Сарыкум)	Санитарные проблемы в точках массового посещения
Государственная поддержка, растущая узнаваемость	Фрагментарность планирования, ограниченность водных ресурсов
Возможности Opportunities	**Угрозы** Threats
Развитие бальнеокурортного и экотуризма, диверсификация маршрутов, межрегиональные кластеры	Деградация экосистем при «перетуризме», падение уровня Каспия, имиджевые риски
Цифровые сервисы, «умные» тропы и квотирование	Инфляция затрат на инфраструктуру, кадровый отток

Ключевые ограничения и уязвимости. Выделяются три группы ограничений: 1) Инфраструктурные: нехватка качественных средств размещения среднего класса, узкие места дорожной сети, дефицит санитарных объектов, разрыв цифровых сервисов. 2) Экологические: рост твёрдых бытовых отходов на популярных тропах и берегах, чувствительность высокогорных экосистем, дефицит пресной воды в отдельных районах, трансформация прибрежной зоны Каспийского моря при падении уровня моря. 3) Социально-управленческие: кадровый дефицит (гиды, менеджеры, инструкторы), вариативность качества сервиса, необходимость координации ведомств и включения местных сообществ в управление потоками.

Результаты SWOT-анализа туристского развития Дагестана приведены в таблице 3.

Сильными сторонами развития туризма в регионе выступают высокое биологическое, ландшафтное и этнокультурное разнообразие, полисезонность, морское побережье и горы, уникальные объекты (Дербент, Сулакский каньон, Самурский лес, Сарыкум и др.), государственная поддержка, растущая узнаваемость региона. Потенциальные возможности туризма связаны с развитием бальнеокурортного и экотуризма, диверсификацией туристских маршрутов, межрегиональными туристскими кластерами, цифровыми сервисами, «умными» тропами и квотированием. Слабыми сторонами являются недостаток инфраструктуры, кадровый дефицит, вариативность сервиса, санитарные проблемы в точках массового посещения, фрагментарность планирования, ограниченность водных ресурсов. Угрозы связаны с деградацией экосистем при «перетуризме», продолжающимся падением уровня Каспийского моря, имиджевыми рисками, инфляцией затрат на инфраструктуру, кадровым оттоком.

Модель территориальной организации и сценарии развития. Предлагается трёхконтурная модель: а) опорные «узлы роста» с приоритетными инвестициями и высокими стандартами сервиса; б) периферийные зоны равномерного распределения потоков (сетевые маршруты, экотропы, агро- и этноформаты); в) охранные ядра с квотированием и режимами ограничения посещения. Сценарии развития: инерционный (рост с риском деградации ресурсов), управляемый устойчивый (баланс роста и сохранения через зонирование и экостандарты), инновационный (акцент на бальнео- и спа-курорты, цифровые сервисы, «умные» маршруты, нейтрализация сезонности). Приоритет – сценарий управляемого устойчивого развития.

Полученные результаты подтверждают, что пространственная поливариантность Дагестана обеспечивает конкурентное преимущество на российском рынке внутреннего туризма. Однако ускоренный рост выявил структурные несоответствия: инфраструктура и институциональная среда не всегда успевают за спросом, а экологические и водные ограничения становятся лимитирующим фактором. Международный опыт устойчивого туризма показывает эффективность инструментов: функциональное зонирование и лимитирование посещаемости особо «хрупких» объектов; стандартизация маршрутов и аттестация гидов; цифровая навигация и онлайн-управление потоками; расширение ассортимента внепиковых и межсезонных предложений; вовлечение мест-

ных сообществ в режим соправления (community-based tourism).

Для прибрежного кластера критичны проекты берегозащиты и санитарной инфраструктуры, модернизация пляжных зон и создание бальнеологических комплексов круглогодичного действия. Для горного – благоустройство экотроп, точки приёма и распределения потоков (парковки-перехваты, видовые площадки, информационные центры), локальные очистные сооружения, регламенты посещения на ООПТ. Для предгорий – развитие агротуризма и гастромаршрутов, событийных форм, образовательных и этнографических программ. Универсальной мерой остаётся подготовка кадров: базовые программы гостеприимства, языковая подготовка, безопасность в горах и на воде, экоэтика.

Экономический эффект устойчивого туризма проявляется не только в росте валовой выручки, но и в мультипликативных связях со смежными отраслями – транспорт, строительство, сельское хозяйство, народные художественные промыслы. Важно избегать «перетуризма», когда краткосрочная выгода приводит к долгосрочной утрате уникальности места. Для Дагестана стратегичен бренд «гостеприимного, разнообразного и бережного» региона, формируемый через единые стандарты, открытые данные о маршрутах и ресурсах, качественную коммуникацию с туристом и местным населением.

Заключение

Проведенный анализ современных географических особенностей развития туризма и индустрии гостеприимства в Республике Дагестан позволяет сделать следующие выводы.

1. Дагестан обладает исключительным сочетанием морских, горных и культурно-исторических ресурсов, обеспечивающим многопродуктовый и полисезонный характер туризма.

2. Спрос на туризм демонстрирует устойчивый рост, однако ограничивается инфраструктурными, экологическими и водными факторами; требуются приоритетные инвестиции в «узлы роста».

3. Устойчивость возможно обеспечить через функциональное зонирование, стандарты качества и экологизации, управление потоками и развитие бальнео-курортного направления.

4. Вовлечение местных сообществ, развитие кадрового потенциала и цифровых сервисов повышают качество продукта и распределяют эффекты роста.

5. Предложенная модель трёхконтурной территориальной организации и сценарии могут служить основой для регионального планирования и проектирования туристских кластеров.

Список источников

1. Об утверждении государственной программы Республики Дагестан «Развитие туристско-рекреационного комплекса и народных художественных промыслов»: Постановление Правительства Республики Дагестан от 16.07.2019 № 163 (в ред. от 02.12.2024). URL: https://mprdag.e-dag.ru/ (дата обращения: 23.09.2025).

2. В 2024 году более 1,8 млн туристов посетили Дагестан // Национальные проекты России. 25.02.2025. URL: https://национальныепроекты.рф/news/v-2024-godu-bolee-1-8-mln-turistov-posetili-dagestan/ (дата обращения: 23.09.2025).

3. Атаев З. В., Пайзуллаева Г. П. Рекреационный потенциал природных районов Республики Дагестан: Оценка и перспективы использования. Махачкала: Алеф, 2014. 161 с. EDN: YNEEDB

4. Зигерн-Корн Н. В. Туристско-рекреационное пространство как объект региональной политики // Известия Русского географического общества. 2016. Т. 148. № 1. С. 87-100. EDN: VOQYNV

5. Александрова А. Ю. Впечатления туриста как результат взаимодействия с инокультурной средой // Сервис в России и за рубежом. 2019. Т. 13.

References

1. On approval of the state program of the Republic of Dagestan “Development of the tourism and recreational complex and folk arts and crafts”: Resolution of the Government of the Republic of Dagestan dated July 16, 2019 No. 163 (as amended on December 2, 2024). URL: https://mprdag.e-dag.ru/ (accessed 23.09.2025). (In Russ)

2. In 2024, more than 1.8 million tourists visited Dagestan. *National Projects of Russia. February 25, 2025*. URL: https://национальныепроекты.рф/news/v-2024-godu-bolee-1-8-mln-turistov-posetili-dagestan/ (accessed 23.09.2025). (In Russ)

3. Ataev ZV, Payzullaeva GP. Recreational potential of natural regions in the Republic of Dagestan: assessment and prospects of use. Makhachkala: Alef, 2014:161. (In Russ). EDN: YNEEDB

4. Zigern-Korn NV. Tourist and recreational space as an object of regional policy. *Proceedings of the Russian Geographical Society.* 2016;148(1):87-100. (In Russ). EDN: VOQYNV

5. Aleksandrova AYu. Tourist experience as a result of interaction with alien culture. *Services in Russia and Abroad.* 2019;13(3(85):6-23. (In Russ). DOI: 10.24411/1995-042X-2019-10301. EDN: YCETSX

6. Ataev ZV, Murtazaliev RA, Bukreev SA,

№ 3(85). С. 6-23. DOI: 10.24411/1995-042X-2019-10301. EDN: YCETSX

6. Атаев З. В., Муртазалиев Р. А., Букреев С. А., Мнацеканов Р. А., Джамирзоев Г. С. И др. Особо охраняемые природные территории Республики Дагестан: справочное издание. Махачкала: Алеф, 2020. 368 с. EDN: YDXELJ

7. Развитие туристско-рекреационного комплекса и народных художественных промыслов в Республике Дагестан за 2024 год. Отчеты и отчетность. URL: https://www.ticrd.ru/dagestan2024/ (дата обращения: 23.09.2025).

8. О ходе реализации госпрограмм Республики Дагестан за 2024 год. URL: https://mintourismrd.ru/dejatelnost/itogi-dejatelnosti/ (дата обращения: 23.09.2025).

9. Атаев З. В., Абасов Н. А., Акаев Б. А., Акавова Г. К., Алиев Ш. М. и др. География Дагестана: учебное пособие для учащихся 9 класса средней школы. Махачкала: НИИ педагогики им. А. А. Тахо-Годи; Юпитер, 2002. 216 с. EDN: USGIZG.

10. Атаев З. В., Гарунова С. М., Магомедханов М. М., Садовой А. Н. Ландшафтно-рекреационный потенциал монетизации этнотуризма: Дагестан. Проект «Арчи» // Этнокультура освоения гор: Северный Кавказ. Махачкала: Алеф, 2022. С. 143-161. EDN STEHJH

11. Атаев З. В., Магомедова А. З. Высокогорный Дагестан – перспективный район развития экологического туризма // Юг России: экология, развитие. 2007. Т. 2. № 4. С. 116-119. EDN: JVWLFL

12. Глобальный мониторинг Каспия поможет прогнозировать риски его обмеления // РБК Кавказ. 10.09.2025. URL: https://kavkaz.rbc.ru/kavkaz/10/09/2025/68bffb0e9a794755cb31d7cb (дата обращения: 23.09.2025).

13. Ежедневный гидрометеорологический бюллетень (Территория Республики Дагестан). URL: http://esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId=RU_DCGMS_05/ (дата обращения: 23.09.2025).

Mnatsekanov RA, Dzhamirzoev GS, et al. Specially protected natural areas in the Republic of Dagestan: reference publication. Makhachkala: Alef, 2020:368. (In Russ). EDN: YDXELJ

7. Development of the tourism and recreation complex and folk arts and crafts in the Republic of Dagestan for 2024. Reports and statements. URL: https://www.ticrd.ru/dagestan2024/ (accessed 23.09.2025). (In Russ)

8. On the progress of implementation of state programs in the Republic of Dagestan for 2024. URL: https://mintourismrd.ru/dejatelnost/itogi-dejatelnosti/ (accessed 23.09.2025). (In Russ)

9. Atayev ZV, Abasov NA, Akayev BA, Akavova GK, Aliyev ShM, et al. Geography of Dagestan: a teaching aid for 9th-grade students of secondary school. Makhachkala: A. A. Takho-Godi Research Institute of Pedagogy; Jupiter, 2002:216. (In Russ). EDN USGIZG.

10. Atayev ZV, Garunova SM, Magomedkhanov MM, Sadovoy AN. Landscape and recreational potential for monetization of ethnotourism: Dagestan. Archi Project. *Ethnoculture of Mountain Development: North Caucasus*. Makhachkala: Alef, 2022:143-161. (In Russ). EDN: STEHJH

11. Atayev ZV, Magomedova AZ. High-mountainous Daghestan is the perspective region of development of the ecological tourism. *South of Russia: Ecology, Development.* 2007;2(4):116-119. (In Russ). EDN: JVWLFL

12. Global monitoring of the Caspian Sea will help predict the risks of its shallowing. *RBC Caucasus.* 10.09.2025. URL: https://kavkaz.rbc.ru/kavkaz/10/09/2025/68bffb0e9a794755cb31d7cb (accessed 23.09.2025). (In Russ)

13. Daily hydrometeorological bulletin (Territory of the Republic of Dagestan). URL: http://esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId = RU_DCGMS_05/ (accessed 23.09.2025). (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Алиев Шарафудин Магомедович, кандидат географических наук, доцент кафедры географии и методики преподавания, декан факультета биологии, географии и химии, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия; sharafudin_aliev@mail.ru,

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

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Sharafudin M. Aliev, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Geography and Teaching Methods, Dean of the Faculty of Biology, Geography and Chemistry, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, sharafudin_aliev@mail.ru

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

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

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

Критерии авторства
Авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors
Authors made equivalent contributions to the publication.

Конфликт интересов
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.08.2025
Одобрена после рецензирования 02.09.2025
Принята к публикации 12.09.2025

The article was submitted 19.08.2025
Approved after reviewing 02.09.2025
Accepted for publication 12.09.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 911.2
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-41-49
EDN: DZKGWJ

Сравнительный анализ влияния лесных насаждений и ветрозащитных полос на состояние агрогеосистем: на примере Белгородской области

©2025**Бочкарев Н. П.**✉, **Кудрявцев М. А.,**
Лобанов И. И., Вавилин Д. А., Суродеев М. С.
Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва
Саранск, Россия, newzlomaes@mail.ru✉, kudryavtsev.mihael@yandex.ru,
ilya_lobanov_1999@mail.ru, vavilindmitriyq@yandex.ru, m.surodeev2014@yandex.ru

РЕЗЮМЕ. Цель настоящего исследования заключается в проведении сравнительного анализа влияния лесных насаждений и ветрозащитных полос на состояние агрогеосистем в контексте условий Белгородской области. **Методы.** В статье использовались следующие методы: полевые исследования, лабораторные методы, сравнительный анализ, статистический метод обработки данных, историко-сравнительный метод, метод использования ГИС-технологий. **Результаты.** Проведя сравнительный анализ урожайности различных сельскохозяйственных культур и содержания органического вещества в почвах на разном удалении от лесных массивов и ветрозащитных полос были сделаны выводы о точности сходства полученных числовых данных. Как в первом, так и во втором случае можно заметить явную тенденцию к уменьшению значений по мере удаления от лесных массивов. **Выводы.** Были сделаны заключения о равноценности устойчивых лесных массивов и лесозащитных полос в вопросе влияния на содержание органического вещества в почвах прилегающих агрогеосистем.

Ключевые слова: агрогеосистемы, ветрозащитные лесополосы, геоэкологическое исследование, геоэкология, лесные насаждения, содержание органического вещества.

Формат цитирования: Бочкарев Н. П., Кудрявцев М. А., Лобанов И. И., Вавилин Д. А., Суродеев М. С. Сравнительный анализ влияния лесных насаждений и ветрозащитных полос на состояние агрогеосистем: на примере Белгородской области // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 2. С. 41-49. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-41-49. EDN: DZKGWJ

Comparative Analysis of the Forest Plantations and Windbreaks Impact on the Agroecosystems State (the Belgorod Region)

©2025Nikita P. Bochkarev✉, Michael A. Kudryavtsev,
Ilya I. Lobanov, Dmitry A. Vavilin, Maxim S. Surodeev
National Research Ogarev Mordovia State University
Saransk, Russia, newzlomaes@mail.ru✉, kudryavtsev.mihael@yandex.ru,
ilya_lobanov_1999@mail.ru, vavilindmitriyq@yandex.ru, m.surodeev2014@yandex.ru

ABSTRACT. The **aim** of the research is to conduct a comparative analysis of the forest plantations and windbreaks impact on the state of agrogeosystems in the conditions of the Belgorod Region. **Methods.** The following methods were used in the paper: field research, laboratory methods, comparative analysis, statistical data processing method, historical-comparative method, method of using GIS technologies. **Results.** A comparative analysis of the yields of various agricultural crops and the organic matter content of soils at different distances from forested areas and windbreaks led to conclusions about the accuracy of the similarity between the obtained numerical data. In both cases, a clear trend toward decreasing values with increasing distance from forested areas can be observed. **Conclusions.** Conclusions were reached regarding the equivalence of stable forested areas and windbreaks in terms of their impact on the organic matter content of soils in adjacent agrogeosystems.

Keywords: agrogeosystems, windbreaks, geoecological research, geoecology, forest plantations, organic matter content.

For citation: Bochkarev NP, Kudryavtsev MA, Lobanov II, Vavilin DA, Surodeev MS. Comparative Analysis of the Forest Plantations and Windbreaks Impact on the Agroecosystems State (the Belgorod Region). *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(2):41-49 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-41-49. EDN: DZKGWJ

Введение

Сельское хозяйство играет жизненно важную роль в экономике, обеспечивая продовольствием и сырьем различные отрасли промышленности. Земля является основным ресурсом для сельскохозяйственного производства. Определение наиболее эффективной стратегии землепользования осуществляется с помощью оптимизации, которая направлена на достижение сбалансированного и устойчивого подхода к экологическому и экономичному использованию почвы и земельных ресурсов. Благодаря процессу оптимизации, успешно решаются такие ключевые задачи, как повышение продуктивности сельского хозяйства, выведение из использования непродуктивных земель, а также поддержание и восстановление плодородия почв.

В вопросе оптимизации сельскохозяйственных земель особую роль играют лесные насаждения (лесные экосистемы), которые тесно взаимосвязаны с агрогеосистемами, представленные, в том числе, и сельскохозяйственными полями. Защитные лесные насаждения, наряду с другими стратегиями, играют решающую роль в защите почвы от эрозии, улучшении водного баланса района, смягчении неблагоприятных последствий засухи и суховеев, а также в поддержке здорового роста и развития сельскохозяйтсвенных культур. Следовательно, любые исследования, направленные на изучение связей между лесными экосистемами и агрогеосистемами, особенно при оценке того, как лесные насаждения влияют на вариативность выращивания сельскохозяйственных культур, и оценке воздействия облесения на продуктивность агрогеосистем, имеют большое значение. Проведение подобных работ согласуется с целями сохранения окружающей среды и развития сельского хозяйства в нашей стране.

Исследования, проведенные во многих других странах, показывают, что лесонасаждения служат жизненно важной и эффективной стратегией защиты агрогеосистем от водной и ветровой эрозии, засухи и суровых воздействий постоянных ветров. Они помогают удерживать снег на полях, улучшают водный режим местности, создают более благоприятный микроклимат

и, в конечном счете, повышают урожайность сельскохозяйственных культур. Установлено, что внедрение агролесомелиораций в агрогеосистемы может привести к повышению урожайности зерновых на 3-4 ц/га, многолетних трав на 5-8 ц/га, зеленой массы кукурузы на 45-80 ц/га, сахарной свеклы и овощей на 40-60 ц/га [1-4].

Материалы и методы исследования

В геоэкологических исследованиях, изучающих влияние методов ведения сельского хозяйства на территориальные системы, агрогеосистемы часто являются основным объектом изучения. В работах А. Гумбольдта, Дж. Марша, Ю. Либиха, В. В. Докучаева и А. И. Воейкова исследовалась взаимосвязь между сельским хозяйством и природной средой. В регионах, где практикуется интенсивное ведение сельского хозяйства, сельскохозяйственные угодья претерпевают значительные изменения. Сокращение площади сельскохозяйственных угодий в сочетании с нехваткой продовольствия и сельскохозяйственного сырья, а также ухудшение состояния окружающей среды вынуждают нас пристальнее обращать внимание на взаимодействие агрогеосистем с окружающими их экосистемами [5-7].

Исследование агрогеосистем проводили во многих регионах России – в Республике Мордовия – А. М. Носонов [8] и А. А. Любимов [9], в западной части Кавказа и Предкавказье – В. В. Задорожная [10], на Кубани – А. Г. Максименко [11].

Фактической основой исследования являются результаты лабораторных испытаний образцов грунта, отобранных в июле 2024 г. проектным институтом ООО «Водстройпроект-М», в ходе проведения изысканий для проекта «Строительство системы орошения земельного участка кад. № 31:20:0202001:42 в Белгородской области, р-н Волоконовский ПУ «Ютановский» с использованием поверхностных вод реки Оскол». Образцы были отобраны с целью проведения эколого-агрохимической оценки и определения мощности снятия плодородного слоя почвы. Пробы брались в местах будущей прокладки трубопровода, а также в предполагаемых местах расположения дождевальных машин.

Белгородская область, как объект исследования, была выбрана исходя из договорных отношений между проектным институтом ООО «Водстройпроект-М» и заказчиком ООО «Русагро-Инвест».

Результаты и их обсуждение

По итогам исследований было выявлено, что на разных расстояниях от лесных насаждений и ветрозащитных полос в одинаковых почвенных условиях и проведении одних и тех же агротехнических мероприятий, культивируемые сельскохозяйственные культуры обеспечивают неодинаковую урожайность.

Авторы условно делят расстояние от лесных насаждений до точек взятия проб на несколько зон: I зона – 280-300 м, II зона – 560-600 м, III зона – 1000-1050 м. Утверждается, что урожайность сельскохозяйственных культур разнится в зависимости от зоны. Так, наиболее плодородной считается I зона, наименее плодородной – III зона [3].

Если сделать расчет, основываясь на показателях средних значений, то можно сделать следующие выводы: для озимой пшеницы показатель урожайности в I зоне выше среднего на 50 %, во II зоне выше среднего на 26 %, а в III зоне ниже на 2 %; для картофеля показатель урожайности в I зоне выше среднего на 31 %, во II зоне выше среднего на 15 %, а в III зоне ниже на 3 %; для капусты белокочанной показатель урожайности в I зоне выше среднего на 21 %, во II зоне выше среднего на 9 %, а в III зоне ниже на 3 % (табл. 1).

Таким образом, беря в расчет все перечисленные сельскохозяйственные культуры, урожайность в I зоне выше среднего на 34 %, во II зоне выше среднего на 17 %, а в III зоне ниже на 2 %

Таблица 1. **Показатели урожайности для различных культур**
Table 1. Yield indicators for various crops

Культура Crop	**Показатель урожайности** Yield indicators		
	I зона Zone I	**II зона** Zone II	**III зона** Zone III
Озимая пшеница	выше среднего на 50 %	выше среднего на 26 %	ниже среднего на 2 %
Картофель	выше среднего на 31 %	выше среднего на 15 %	ниже среднего на 3 %
Капуста белокочанная	выше среднего на 21 %	выше среднего на 9 %	ниже среднего на 3 %

Урожайность культур прямо зависит от содержания органического вещества в почве. В июле 2024 г. ООО «Водстройпроект-М» в ходе проведения изысканий для проекта «Строительство системы орошения земельного участка кад. № 31:20:0202001:42 в Белгородской области, р-н Волоконовский ПУ «Ютановский» с использованием поверхностных вод реки Оскол» были отобраны образцы грунта для проведения эколого-агрохимической оценки и определения мощности снятия плодородного слоя почвы.

В ходе работ было выкопано пять шурфов, в трех из которых образцы грунта были отобраны с глубины 0,00-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60 м, а в оставшихся двух – еще и на глубине 0,60-0,80 м. Для анализа влияния лесных массивов на показатель плодородности почвенного покрова было решено отобрать только образцы с глубины 0,00-0,20 м, ввиду снижения значений определяемых показателей (pH, содержание органического вещества, содержание частиц размером менее 0,1 мм, массовая доля P, массовая доля K, сумма токсичных солей водной вытяжки) (табл. 2).

Таблица 2. **Значения показателя «Содержание органического вещества» в отобранных образцах грунта**

Table 2. Values of the indicator "Organic matter content" in the selected soil samples

Точка отбора Sampling point	**Содержание органического вещества, %** Organic matter content, %
1	4,9
2	4,6
3	4,2
4	5,2
5	5,8

В этой связи имеет смысл сделать сравнительный анализ влияния лесных насаждений и лесозащитных полос на урожайность сельскохозяйсвтенных культур с содержанием органического вещества в отобранных образцах.

Для визуализации результатов отбора проб, была построена серия картосхем с расположением точек отбора проб грунта для эколого-агрохимической оценки лесных массивов и ветрозащитных полос. На картосхемах нанесены лесные массивы, ветрозащитные полосы, точки отбора с соответствующей нумерацией. На рисунке 1 представлена I зона влияния лесных насаждений с удалением в 300 м. Все картосхемы выполнены в открытой ГИС «QGIS».

Анализируя визуализированную информацию, можно сделать вывод, что под влиянием первой зоны находится только точка отбора № 4, расположенная в южной части участка изысканий.

На рисунке 2 представлена II зона влияния лесных насаждений и лесозащитных полос с удалением в 600 м.

По результатам визуализации распространения II зоны можно сделать вывод, что под ее влиянием находятся точки отбора №№ 1, 2 и 5.

На рисунке 3 представлена III зона влияния лесных насаждений и лесозащитных полос с удалением в 1000 м.

В III зону закономерно попадают все точки отбора, в том числе точка № 3.

Для проведения аналогичного сравнительного анализа возьмем среднее значение содержания органического вещества в почвах Белгородской области – 5,0 % (по данным ФГБОУ «Центр агрохимической службы «Белгородский») [12, с. 122].

Таким образом, проводя аналогичный расчет, можно сделать следующие выводы: показатель содержания органического вещества в точке отбора № 1 меньше среднего на 2 %, в точке № 2 меньше среднего на 8 %, в точке № 3 меньше среднего на 16 %, в точке № 4 больше среднего на 4 %, в точке № 5 меньше среднего на 16 % (табл. 3).

Таблица 3. Показатели урожайности для различных культур

Table 3. Yield indicators for various crops

Содержание органического вещества Organic matter content				
Точка отбора № 1	**Точка отбора № 2**	**Точка отбора № 3**	**Точка отбора № 4**	**Точка отбора № 5**
меньше среднего на 2 %	меньше среднего на 8 %	меньше среднего на 16 %	меньше среднего на 4 %	меньше среднего на 16 %



Рис. 1. **Расположение отобранных проб грунта для эколого-агрохимической оценки относительно лесных массивов и ветрозащитных полос (буферная зона – 300 м)**
Fig. 1. Location of selected soil samples for ecological and agrochemical assessment relative to forests and windbreaks (buffer zone is 300 m)



Рис. 2. **Расположение отобранных проб грунта для эколого-агрохимической оценки относительно лесных массивов и ветрозащитных полос (буферная зона – 600 м)**
Fig. 2. Location of selected soil samples for ecological and agrochemical assessment relative to forests and windbreaks (buffer zone is 600 m)

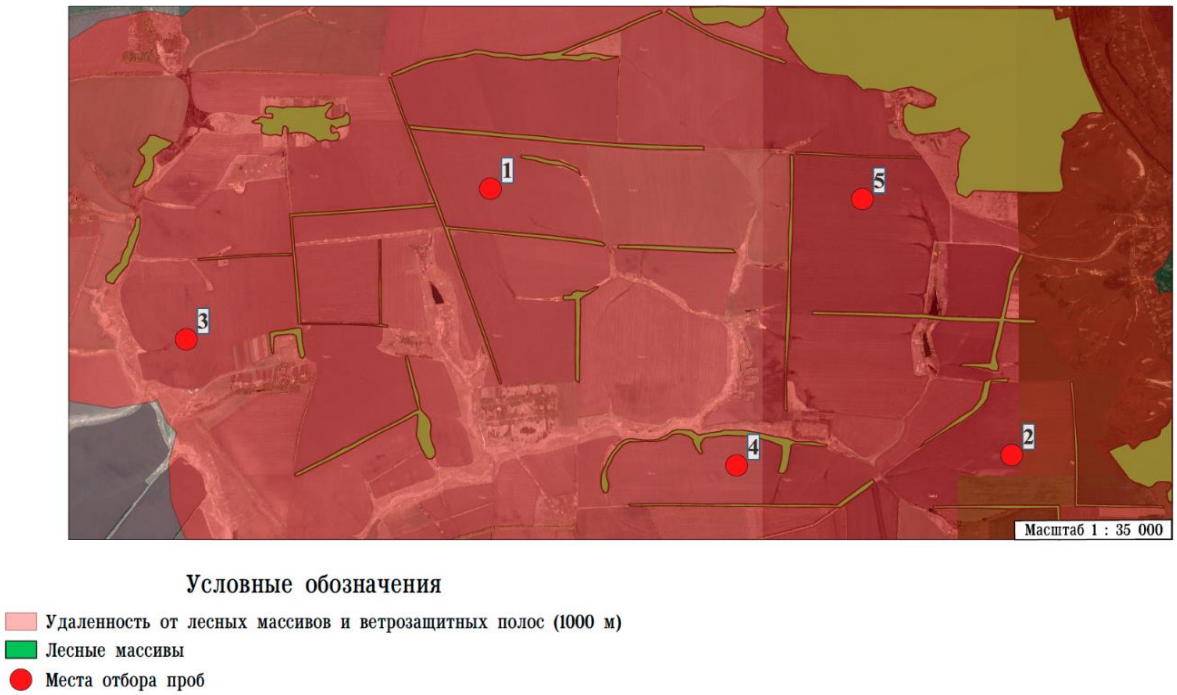


Рис. 3. **Расположение отобранных проб грунта для эколого-агрохимической оценки относительно лесных массивов и ветрозащитных полос (буферная зона – 1000 м)**
Fig. 3. Location of selected soil samples for ecological and agrochemical assessment relative to forests and windbreaks (buffer zone is 1000 m)



Рис. 4. **Расположение пробы грунта № 5 относительно близлежащих лесных массивов (буферная зона – 300, 600 и 1000 м)**
Fig. 4. Location of soil sample No. 5 relative to nearby forest areas (buffer zone – 300, 600 and 1000 m)

Точка № 4 находится в I зоне влияния, соответственно за истинное мы принимаем значение в 4 %, что больше среднего по области. Точки №№ 1,2 и 5 находятся во II зоне влияния, соответственно для них за истинное мы принимаем значение в 6 % больше среднего по области. Точка № 3 находится в III зоне влияния, соответственно для нее за истинное мы принимаем значение в 16 % меньше среднего по области.

При построении картосхемы удаленности точек отбора исключительно от лесных массивов в зону влияния входит только образец № 5 (рис. 4).

Заключение

Проводя сравнительный анализ урожайности различных сельскохозяйственных культур и содержания органического вещества в почвах на разном удалении от лесных массивов и ветрозащитных полос, можно сделать вывод, что в точности числовые данные не сходятся. Но как в первом, так и во втором случае можно заметить явную тенденцию к уменьшению значений по мере удаления от лесных массивов.

Кроме того, стоит отметить еще одно интересное наблюдения: точка отбора № 5 имеет большее значение содержания органического вещества, в сравнении с точкой № 4, но при этом входит лишь во II зону влияния лесных массивов. На основании этого факта мы предполагаем, что устойчивые, долговременные лесные массивы имеют большее влияние на плодородие почв, чем ветрозащитные лесополосы. Хотя стоит отметить, что на основании одного этого значения делать общие выводы не совсем корректно.

Это обуславливается в первую очередь тем, что лесные массивы представляют собой более широкие, более значительные по площади, а также более старые и устойчивые участки, биотическое взаимодействие которых с близлежащими полями происходит на протяжении длительного промежутка времени.

После построения картосхемы (рис. 4) можно увидеть, что точка № 5 находится под непосредственным влиянием близлежащего лесного массива.

Ветрозащитные лесополосы стали широко применяться чуть менее 100 лет назад. Кроме того, они представляют собой собой достаточно узкий участок земли с, как правило, одним видом древесной растительности, являясь таким образом менее устойчивее геосистемы. Это не значит, что влияние ветрозащитных лесополос на близлежащие геосистемы полностью отсутствует, но их значимость несколько меньше по сравнению с лесными массивами.

Список источников

1. Айрапетян Э. М., Ширинян А. В. Агроэкология. Ереван: Астхик, 2003. 408 с. (На армянском языке)

2. Галстян М. А., Матевосян Л. Г., Караханян К. А., Матевосян С. А. Оценка влияния лесной экосистемы Зикатар на продуктивность прилегающих агроландшафтов // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения: сборник статей XX Международной научно-практической конференции (Пенза, 20 августа 2020 г.). Пенза, 2020. С. 47-51. EDN: OEFFSL

3. Галстян М. А., Саркисян К. Ш., Матевосян Л. Г., Гарибян П. А. Оценка влияния лесной экосистемы на продуктивность прилегающих агроландшафтов Мартунинского региона // Евразийский Союз Ученых. 2020. № 10-2(79). С. 64-68. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.2.79.1047. EDN: RBBLIA

4. Гулиджанян А. А. Дендробиоразнообразие Северо-Восточной Армении и динамика изменения биомассы наиболее ценных видов: автореф.

References

1. Hayrapetyan EM, Shirinyan AV. Agroecology. Yerevan: Astghik. 2003:408. (In Armenian)

2. Galstyan MA, Matevosyan LG, Karakhanyan KA, Matevosyan SA. Assessing the influence of the Zikatar forest ecosystem on the productivity of adjacent agrolandscapes. *Science and Innovations in the 21st Century: Current Issues, Discoveries and Achievements: Proceedings the 20th International Scientific and Practical Conference (Penza, August 20, 2020).* Penza, 2020:47-51. (In Russ). EDN: OEFFSL

3. Galstyan MA, Sargsyan KSh, Matevosyan LG, Gharibyan PA. Assessment of the influence of the forest ecosystem on the productivity of the adjacent agricultural landscapes of the Martuni Region of RA. *Evraziyskiy Soyuz Uchenyh*. 2020.(10-2(79):64-68. (In Russ). DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.2.79.1047. EDN: RBBLIA

4. Gulidzhanyan AA. Dendrobiodiversity of Northeastern Armenia and the dynamics of

дис. … д-ра наук. Ереван, 2009. 42 с. (На армянском языке)

5. Масляев В. Н., Маскайкин В. Н., Рычкова О. В., Амирова Д. А., Евсеев А. Д. Геоинформационный анализ рельефа для целей сельскохозяйственного землепользования и землеустройства // Успехи современного естествознания. 2024. № 8. С. 12-19. DOI: https://doi.org/10.17513/use.38298. EDN: MUFXVG

6. Масляев В.Н., Евсеев А. Д., Кулагов С. А., Светкин А. С., Терехин Д. Ю. О соотношении понятий «агрогеосистема», «агроландшафт» и «агроэкосистема» как основных дефиниций в геоэкологических исследованиях // Московский экономический журнал. 2025. № 1. С. 484-504. DOI: https://doi.org/10.55186/2413046X_2025_10_1_30

7. Масляев В. Н., Курочкин Д. В., Байчурин М. Р., Шабайкина В. А. Трансформация земель сельскохозяйственного назначения в районах интенсивного земледелия // Московский экономический журнал. 2024. Т. 9. № 2. С. 273-287.

8. Носонов А. М. Математическое моделирование функционирования и развития агрогеосистем Республики Мордовия // Финно-угорские народы в контексте формирования общероссийской гражданской идентичности и меняющейся окружающей среды: материалы Международной научной конференции (Саранск, 08–09 октября 2020 г.). Саранск, 2020. С. 421-424. EDN: CHLQIL

9. Любимов А. А. Экономико-географические исследования использования природного агропотенциала: на примере Республики Мордовия // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2007. № 1. С. 16-21. EDN: IBVCON

10. Задорожняя В. В. Пути повышения сбалансированности и устойчивости сельского хозяйства Западной части Кавказа и Предкавказья (экономико-географические исследования) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2009. № 6(154). С. 111-116. EDN: LACKXD

11. Максименко А. Г. Территориальная организация сельского хозяйства равнинных ландшафтов Западного Предкавказья и Нижнего Дона (экономико-географические исследования): автореф. дис. … канд. геогр. наук. Краснодар, 2003. 24 с.

12. Корнейко Н. И. Агрохимическое состояние пахотных почв Белгородской области // Успехи современного естествознания. 2014. № 9-2. С. 120-124. EDN: SOBXDF

changes in the biomass of the most valuable species: Author's abstract of Dr. Sci. Yerevan, 2009:42. (In Armenian)

5. Maslyaev VN, Maskaykin VN, Rychkova OV, Amirova DA, Evseev AD. Geoinformation analysis of relief for the purposes of agricultural land use and land management. *Advances in Current Natural Science.* 2024(8):12-19. (In Russ). DOI: https://doi.org/10.17513/use.38298. EDN: MUFXVG

6. Maslyaev VN, Evseev AD, Kulagov SA, Svetkin AS, Terekhin DYu. On the relationship between the concepts of "agrogeosystem", "agrolandscape" and "agroecosystem" as the main definitions in geoecological studies. *Moscow Economic Journal*. 2025(1):484-504. (In Russ). DOI: https://doi.org/10.55186/2413046X_2025_10_1_30

7. Maslyaev VN, Kurochkin DV, Baichurin MR, Shabaikina VA. Transformation of agricultural lands in areas of intensive farming. *Moscow Economic Journal*. 2024;9(2):273-287. (In Russ).

8. Nosonov AM. Mathematical modeling of the functioning and development of agrogeosystems in the Republic of Mordovia. *Finno-Ugric Peoples in the Context of the Formation of an all-Russian Civic Identity and a Changing Environment: Proceedings of the International Scientific Conference (Saransk, October 8-9, 2020).* Saransk, 2020:421-424. (In Russ). EDN: CHLQIL

9. Lyubimov AA. Economic and geographical research of Republic of Mordovia natural agrarian potential. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology.* 2007(1):16-21. (In Russ). EDN: IBVCON

10. Zadorozhnaya VV. Ways of increase of equation and stability of an agriculture of the western part of Caucasus and Ciscaucasia (economic and geographical researches). *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Sciences*. 2009(6(154):111-116. (In Russ). EDN: LACKXD

11. Maksimenko AG. Territorial Organization of Agriculture in Lowland Landscapes of the Western Ciscaucasia and Lower Don (Economic and Geographical Research): Author's abstract of Ph.D. (Geography) Dissertation. Krasnodar, 2003:24. (In Russ).

12. Korneyko NI. Agrochemical State of Arable Soils in the Belgorod Region. *Advances in Current Natural Science.* 2014(9-2):120-124. (In Russ). EDN: SOBXDF

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации

Бочкарев Никита Петрович, аспирант кафедры землеустройства и ландшафтного планирования, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, newzlomaes@mail.ru

Кудрявцев Михаил Анатольевич, аспирант кафедры землеустройства и ландшафтного планирования, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, kudryavtsev.mihael@yandex.ru

Лобанов Илья Игоревич, аспирант кафедры экологии и природопользования, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, ilya_lobanov_1999@mail.ru

Вавилин Дмитрий Алексеевич, аспирант кафедры экологии и природопользования, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, vavilindmitriyq@yandex.ru

Суродеев Максим Сергеевич, аспирант кафедры землеустройства и ландшафтного планирования, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, m.surodeev2014@yandex.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS
Affiliations

Nikita P. Bochkarev, Ph.D. student, Department of Land Management and Landscape Planning, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, newzlomaes@mail.ru

Michael A. Kudryavtsev, Ph.D. student, Department of Land Management and Landscape Planning, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, kudryavtsev.mihael@yandex.ru

Ilya I. Lobanov, Ph.D. student, Department of Land Management and Landscape Planning, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, ilya_lobanov_1999@mail.ru

Dmitry A. Vavilin, Ph.D. student, Department of Land Management and Landscape Planning, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, vavilindmitriyq@yandex.ru

Maxim S. Surodeev, Ph.D. student, Department of Land Management and Landscape Planning, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, m.surodeev2014@yandex.ru

Критерии авторства

Бочкарев Н. П. – идея, обработка материала, анализ данных, написание статьи; Кудрявцев М. А. – идея, сбор материала, написание статьи, научное редактирование текста; Лобанов И. И. – сбор материала, научное редактирование текста; Вавилин Д. А. – сбор материала, научное редактирование текста; Суродеев М. С. – научное редактирование текста.

Contribution of the authors

Bochkarev N. P. – idea, material processing, data analysis, writing the paper; Kudryavtsev M. A. – idea, material collection, writing the paper, scientific editing of the text; Lobanov I. I. – material collection, scientific editing of the text; Vavilin D. A. – material collection, scientific editing of the text; Surodeev M. S. – scientific editing of the text.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 24.04.2025
Одобрена после рецензирования 27.05.2025
Принята к публикации 23.06.2025

The article was submitted 24.04.2025
Approved after reviewing 27.05.2025
Accepted for publication 23.06.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 502.5:338.48
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-50-58
EDN: IBXVWP

Опасные природные процессы на территории Республики Дагестан и рекреационное освоение региона

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

РЕЗЮМЕ. Республика Дагестан обладает значительным природным туристско-рекреационным потенциалом. На использование данного потенциала оказывает негативное влияние ряд факторов, в частности опасные природные процессы. **Целью** исследования является рассмотрение некоторых опасных природных процессов на территории Республики Дагестан в свете рекреационного развития региона. **Методы.** Использованы литературные и фондовые источники, картографический материал. **Результаты.** В Республике Дагестан широко распространены стихийные бедствия, которые различаются по факторам формирования, особенностям проявления, продолжительности и являющиеся существенной проблемой, препятствующей активному рекреационному развитию территории. **Выводы.** Негативное влияние ряда опасных природных процессов на рекреационное освоение территории Дагестана требует их постоянного отслеживания, выявления пространственных и временных закономерностей их проявления, причин, способствующих их активизации.

Ключевые слова: опасные природные процессы, туризм, рекреация, Республика Дагестан.

Формат цитирования: Гаджиева З. М., Набиев О. С. Опасные природные процессы на территории Республики Дагестан и рекреационное освоение региона // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 2. С. 50-58. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-50-58. EDN: IBXVWP

Natural Hazards in the Republic of Dagestan and its Recreational Development

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

ABSTRACT. The Republic of Dagestan possesses significant natural tourism and recreational potential. A number of factors, particularly hazardous natural processes, negatively impact the exploitation of this potential. The **aim** of the research is to examine certain natural hazards in the Republic of Dagestan in the region's recreational development. **Methods.** Literary and archive sources, as well as cartographic material, were used. **Results.** Natural disasters are common in the Republic of Dagestan. They vary in their triggers, manifestation patterns, duration and pose a significant challenge hindering the active recreational development of the territory. **Conclusions.** The negative impact of a number of natural hazards on the recreational development in Dagestan requires continuous monitoring of these processes, identifying spatial and temporal patterns of their occurrence and identifying the factors contributing to their activation.

Keywords: natural hazards, tourism, recreation, Republic of Dagestan.

For citation: Gadzhieva ZM, Nabiev OS. Natural Hazards in the Republic of Dagestan and its Recreational Development. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(2):50-58 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-50-58. EDN: IBXVWP

Введение

Республика Дагестан обладает уникальными природными и культурно-историческими ресурсами, что позволяет говорить о её значительном туристско-рекреационном потенциале. Однако для территории Дагестана характерны некоторые опасные природные явления и процессы, являющиеся серьезными естественными препятствиями для развития её потенциала. Цель проведённого исследования – рассмотреть некоторые опасные природные процессы на территории Республики Дагестан, их распространение и проявления, возможное влияние данных процессов на рекреационное освоение территории региона.

Материал и методы исследования

Были проанализированы различные литературные и фондовые источники, картографический материал по опасным природным явлениям и процессам, представленным на территории Республики Дагестан. Использовались общенаучные и специальные методы – описательный, сравнительный и др.

Результаты и их обсуждение

Республика Дагестан обладает всеми необходимыми предпосылками для активного развития туризма: благоприятными природно-климатическими условиями, благополучной экологической обстановкой, уникальными культурными объектами, выгодным географическим положением и т. д.

Уникальным природным объектом является горная система Большого Кавказа. Лыжный сезон в горах длится не очень долго, это район значительного количества солнечных дней в году. Многие горные районы республики обладают уникальными целебными свойствами благодаря своим природным особенностям: высоте над уровнем моря, достаточно благоприятному микроклимату, особенностям флоры, наличию минеральных источников, озер и водопадов. Побережье Каспийского моря способствует развитию пляжного туризма. Высота над уровнем моря и климатические условия играют значительную роль в рекреационном освоении территорий. Своеобразие природы Дагестана сохраняется благодаря относительно низкой концентрации экологически опасных производств, а также системе особо охраняемых природных территорий. На территории республики возможно развитие следующих видов туризма:

– купально-пляжный на песчаных побережьях Каспийского моря;

– лечебно-оздоровительный с использованием источников минеральных вод, лечебных грязей, горного воздуха и т. д.;

– познавательный, посещение памятников истории, культуры, архитектуры, памятников природы и т. д.;

– научный, включающий этнографический, археологический, спелеологический и другие виды научного туризма;

– водный, включающий парусный спорт, греблю, катание на водных лыжах, кайтсерфинг, виндсерфинг, экскурсии на катерах;

– спортивный, например, вело- и автотуризм, альпинизм, сплав по горным рекам, пешеходный туризм, конный туризм, каньонинг, парапланеризм, экстремальный туризм и др.

Угрозу развитию туризма в регионе представляет низкий уровень внимания к сохранению основных туристических ресурсов – слабый экологический контроль, нерациональное использование, загрязнение территорий, чрезмерная антропогенная нагрузка на некоторые участки рекреационных зон.

Кроме того, территория республики характеризуется повышенным риском возникновения опасных природных явлений. Северокавказский федеральный округ, в который входит Республика Дагестан, занимает ведущее место среди всех федеральных округов России по природной опасности и риску природопользования, так коэффициент природной опасности в Северокавказском округе (1,00) почти в два раза выше, чем в соседнем Южном (0,59) и значительно выше, чем в Дальневосточном (0,03), а коэффициент риска природопользования в СКФО (1,00) почти в три раза больше, чем в соседнем Южном федеральном округе (0,37). С другой стороны, в СКФО наиболее низкая защищённость от стихийных бедствий среди всех федеральных округов [1].

Среди опасных природных процессов наиболее характерными являются селевые потоки, камнепады, оползневые процессы, образование лавин и обвалов и т. д. Эти процессы имеют различия по своим формообразующим факторам и особенностям проявления. Они могут варьировать по

продолжительности: от нескольких минут – лавины, до нескольких часов – сели, дней – оползни, месяцев и лет – просадки и подтопления. Взаимодействуя друг с другом, данные процессы и явления усиливают разрушительный эффект.

Высокий уровень риска экстремальных природных явлений при недостаточной безопасности туристических зон является фактором повышенной опасности для любителей спорта, горных лыж, экологического и экстремального отдыха.

Проявления опасных природных процессов являются существенной проблемой для рекреационного освоения территории Дагестана, требующей защитных мер и обязательного учета этих процессов при планировании рекреационного развития и прокладке туристических маршрутов.

Большая часть Республики Дагестан занята горами – 56 %, на Низменный или Равнинный Дагестан соответственно приходится 44 % [2].

Геоморфологически Республика Дагестан делится на низменный или равнинный, предгорный (низкогорный), внутригорный (среднегорный) и альпийский (высокогорный) физико-географические провинции.

Низменный Дагестан делится на Терско-Кумскую и Терско-Сулакскую низменности, которые образуют Северо-Дагестанскую низменность, представляющую собой наклонную равнину с аллювиально-аккумулятивным рельефом, и Приморскую низменность, протянувшуюся узкой полосой между предгорьями и Каспийским побережьем от г. Махачкалы до устья р. Самур, она характеризуется наличием древних каспийских террас.

Предгорный или Низкогорный Дагестан имеет промежуточное положение между Низменным и Внутригорным. Это полоса предгорий из сменяющих друг друга или идущих параллельно хребтов и возвышенностей. Между хребтами и сводовыми поднятиями – широкие долины, низины и котловины. По мере удаления от моря высота хребтов увеличивается.

Внутригорный (или Среднегорный) Дагестан занимает центральную и западную, а также частично южную часть республики. Он ограничен бассейнами среднего и нижнего течения Андийского и Казикумухского Койсу, а также рр. Сулак и Чанты-Аргун. На северо-западе этот регион ограничен Андийским хребтом, на севере и северо-востоке – Салатау и Гимринским хребтами, на юго-западе он примыкает к Боковому хребту, а на юге – хребтам Лес, Карасырт и другим. Внутригорный Дагестан представляет собой относительно высокую (от 700 до 2500 м и выше) и сильно фрагментированную территорию. Мощные толщи карбонатных пород верхнеюрского и мелового возраста, представленные известняками и отложениями сланцево-песчаниковых пород, в условиях активных процессов эрозии и денудации определили разнообразие геоморфологических форм, которые привели к формированию глубоко эрозионного горно-долинного облика. Особенности рельефа и геоморфологическая структура Внутригорного Дагестана позволяют выделить здесь два района – Известняковый и Песчано-Сланцевый. Район Известнякового Дагестана – это район альпинотипных складчатых структурно-денудационных гор. Песчано-Сланцевый Дагестан характеризуется широким развитием эрозионно-денудационных форм рельефа. В нижних частях склонов хребтов – осыпные и оползневые конусы и шлейфы.

Часть Главного Кавказского хребта и Боковой хребет образовали Высокогорный Дагестан – он расположен на юго-западе республики в бассейне верхнего течения Андийского, Аварского, Казикумухского Койсу, Кара-Койсу, а также в бассейне верхнего и среднего течения Самура. Район альпинотипного рельефа представлен здесь системой глубоко расчленённых горных хребтов и межгорных котловин. Район среднегорного эрозионного рельефа также довольно сильно расчленён речными долинами, такая эрозионная расчленённость – основная геоморфологическая черта рельефа этого региона [2].

Наиболее подвержены опасным природным процессам и явлениям высокогорные районы Дагестана. Здесь распространены такие стихийные природные явления, как сели, оползни, землетрясения, снежные лавины и др.

В настоящее время в Дагестане идёт активное развитие туризма, строятся рекреационные объекты, прокладываются туристические маршруты, что, несомненно, требует учёта формирования, проявления и распространения опасных стихийных природных процессов в регионе.

Территория Республики Дагестан характеризуется активным развитием оползневых процессов. Площадь оползневых проявлений на территории Дагестана составляет более 6 тыс. км^2. Всего в зонах оползнеопасности расположено 362 населенных пункта [3]. По пораженности территории оползневыми процессами выделяются предгорья Дагестана [4].

Активные оползневые процессы характерны для территории береговых линий моря от Махачкалы до Дербента (древние оползни), склонов Тарки-Тау, окрестностей Избербаша и Первомайского, территории Манасско-Ачисинского побережья, а также предгорий (например, Буйнакский оползень), известнякового Дагестана – крупные оползни: Мискинджа, Гашшима, Балхар, Вихлинский, Буцрах, Акушинский, Игали, Гоцатлинские, Гергебильские и другие [5].

В районе Буйнакска пораженность оползнями на отдельных участках составляет – 8-20 %, а в районе г. Тарки-Тау (Махачкала) достигает до 30-60 %.

В низкогорной части Известнякового Дагестана поражённость оползнями составляет до 20 %, в среднегорной зоне – на Хунзахском плато и юго-восточных склонах Андийского хребта – 30-40 %, в высокогорной зоне Известнякового Дагестана – Андийский хребет – 20-30 %. В нивально-высокогорной зоне западной части Сланцевого Дагестана – бассейнах рр. Кара-Койсу, Андийское и Аварское Койсу, а также Казикумухского Койсу поражённость территории оползнями составляет 10-15 %, а в высокогорной и среднегорной зонах – 20-40 %. В бассейнах рр. Самур, Курах и Чирагчай пораженность оползнями тоже высока. Например, в бассейне р. Рубас она достигает 27 %, в бассейне р. Чирагчай на ее правом склоне – 18-40 %, а на левом – 20-80 %. В долине р. Курах средняя частота оползней достигает 30-40 %. Наибольшее количество оползневых явлений с 2004 по 2018 г. наблюдалось в районе г. Махачкалы (12,7 %), а также в Тляратинском (9,6 %), Докузпаринском (8,1 %), Буйнакском (6,1 %), Цунтинском (5,4 %) и Цумадинском (5,0 %) районах. Их активизация чаще всего наблюдалась летом (41,6 %), до 31,5 % оползневых явлений приходится на весну, 22,6 % – на осень и только 4,3 % – на зиму [3].

Отмечается возросшая скорость формирования оползней в регионе. Так, 25 марта 2010 г. Чирагский оползень объемом 2 млн м^3 перегородил р. Чирагчай, было образовано запрудное озеро площадью в 10 га и объемом в 0,5 млн м^3. Грандиозный оползень Шукты-2013, образовавшийся 5 ноября 2013 г., перекрыл автодорогу, погибло 3 человека. Молодым крупным оползнем является Дюльтычайский. Он сошел в 2019 г. с правого борта р. Дюльтычай, левого притока р. Самур, и в результате образовалось запрудное озеро, достигавшее размера в 300 на 800 м, а глубины в 25 м [6].

Одним из районов активного туризма в Дагестане является Дербент. Дербент занимает узкую полосу прибрежной равнины, граничащей с Каспийским морем с востока и г. Джалган с запада. Здесь формируются селевые бассейны, которые прорезают г. Джалган и неоднократно подвергают город воздействию селей. Селевые потоки прорезают г. Джалган с запада на восток шестью крупными сухими долинами – балками. Катастрофический сель 2012 г. сошел по балке 2, которая находится непосредственно к северо-западу от Цитадели Нарын-Кала [7]. Цитадель Нарын-Кала является одним из активно и массово посещаемых туристических объектов.

На территории Республики распространены обвально-осыпные процессы, особенно широко они представлены в высокогорной части. Всего был выявлен 621 обвально-осыпной участок, а общая площадь этих процессов составила более 9 тыс. км^2. В потенциальной зоне действия обвально-осыпных процессов находится 95 населённых пунктов. Активность данных процессов различается по годам. Например, в 2014 г. было отмечено 29 обвально-осыпных проявлений, в 2018 – 27, 2021 – 31, 2022 – около 40. Активизация обвально-осыпных процессов вызвана таянием снега и обильными осадками. Всего в 2004-2022 гг. было выявлено 46 населенных пунктов в 21 районе Дагестана со значительными обвально-осыпными процессами, что позволило В. В. Разумову и соавторам говорить о значительной степени опасности обвально-осыпной активности для жизнедеятельности населения в горной части республики [8].

За последние несколько лет в Гунибском районе произошло несколько крупных обвалов. Причиной их является отрыв крупных каменных глыб от основного массива. Так, один из обвалов, имевший объем 40 000 м^3, 29 июня 2018 г. сорвался с высоты 300 м и обрушился в районе хвостовой части Гунибского водохранилища. Представляет опасность обрушения неустойчивый скальный массив над районным центром Гуниб – это вертикальный блок, оторванный от основной известняковой толщи [9]. Как известно, район с. Гуниб также является одним из активно и массово посещаемых туристических объектов.

Территория Республики Дагестан является сейсмически активной территорией. Здесь наблюдались довольно крупные землетрясения, приводившие к разрушительным последствиям. Дагестан – наиболее сейсмически активный регион европейской России, до 80 % его территории – это зоны сейсмической опасности в 8-9 баллов, при этом в 9-балльную зону попадают Дербент, Избербаш, Буйнакск, Хасавюрт, а также 15 сельских районов. Махачкала, Кизляр, Кизилюрт и более 300 селений расположены в 8-балльной зоне. Всего же воздействию опасных геологических процессов в Республике Дагестан подвержен каждый третий населённый пункт [10].

Эпицентр землетрясения, произошедшего 28 июля 2021 г., находился в 88 км к юго-западу от Махачкалы и всего в 12 км к западу от центра Хунзахского района. В самом Хунзахе, а также в селах Сиух, Харахи, Тлох, Ингердах, Нижний Батлух и Мочох интенсивность подземных толчков составила 5 баллов. В эпицентральной зоне произошли незначительные разрушения [11].

Землетрясение интенсивностью сотрясений в эпицентре в 6 баллов было зафиксировано 08.12.2022 г. в Гунибском районе, причём ближайшим к эпицентру населённым пунктом было само с. Гуниб. Подземные толчки магнитудой 6 баллов охватили площадь почти в 690 км^2, на этой территории расположены села Чох, Гуниб, Ругуджа, Кушпа, Бухты и Цудахар. В результате были повреждены отдельные дома – в стенах и потолках появились трещины, выпала облицовка стен, отвалились куски штукатурки, а само землетрясение ощущалось как внутри помещений, так и снаружи. Территория площадью почти 9570 км^2, где расположены села Кумух, Левашы, Аракани, Хунзах, Какашура, в целом характеризуется интенсивностью сотрясений в 5-6 баллов. В результате землетрясения в Гумбетовском районе наблюдался камнепад, а на автодороге Хасавюрт-Тлох был поврежден автомобиль, трое пострадавших получили травмы лёгкой степени тяжести, а ребёнок – тяжёлые. Гунибское землетрясение ощущалось и в других регионах Северного Кавказа [12].

На территории Дагестана большинство горных водотоков селевые, выявлено 487 селевых бассейнов, при этом площадь пораженности селями приблизительно 12 488 км^2, что составляет 25 % от всей площади республики [13]. Селевые бассейны в Дагестане широко распространены в пределах высокогорной и среднегорной зон и занимают, как правило, долины притоков первого порядка основных рек: Самур, Казикумухское койсу, Аварское-койсу и др. (рис.).

Некоторые крупные и средние селевые бассейны имеют объем выноса более 10 тыс. м^3, а более десятка – имеют объем единовременных выносов более 100 тыс. м^3 [15]. Однако чаще наблюдаются менее мощные проявления селевой активности, наносящие ущерб автодорогам, заносящие сельскохозяйственные угодья, гидротехнические сооружения.

На северных склонах хребтов Большого Кавказа наблюдаются довольно благоприятные условия для формирования и схода снежных лавин. Накопившийся по краям гребней горных хребтов или склонов снег часто находится в неустойчивом состоянии. В весеннее время при таянии или же в результате землетрясений, а также в результате хождения по склонам снежная масса обрушивается вниз, приводя к разрушениям. Лавины являются существенной угрозой как туристической инфраструктуре, так и туристам. Высокие значения лавинного риска характерны для территорий развития горнолыжного спорта.

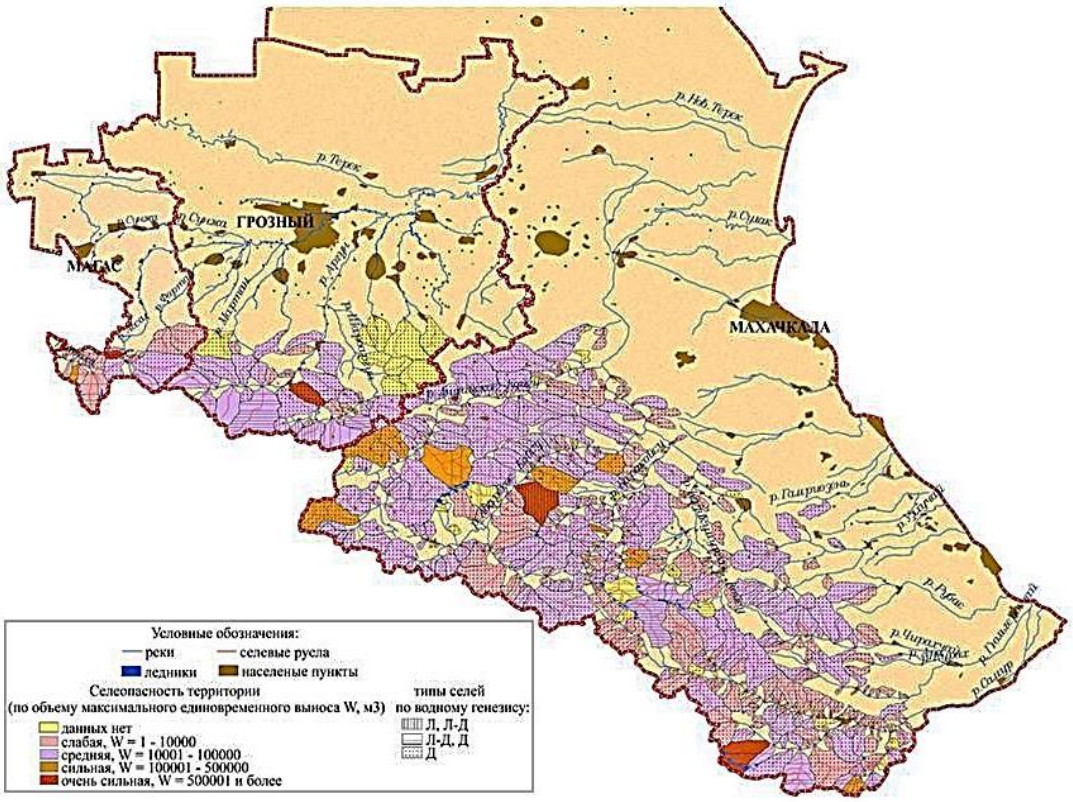


***Рис.* Обзорная карта селевой опасности республик Восточного Кавказа [14]**
Fig. Overview map of mudflow hazard in the republics of the Eastern Caucasus [14]

В работе А. Д. Олейникова, Н. А. Володичевой [16] отмечено, что зимы первых двух десятилетий нынешнего века представляли значительно меньшую лавинную угрозу, чем зимы второй половины двадцатого века, и именно в это время уменьшения лавиноопасности началось новое, интенсивное рекреационное освоение кавказского региона, и в районах, страдавших от активных сходов лавин, было построено много частных туристических объектов. Однако, несмотря на наметившуюся тенденцию к снижению лавинной опасности, могут повториться суровые зимы, когда эти туристические объекты будут подвержены риску разрушения лавинами.

В горной части Дагестана, на территории девяти районов – Цунтинского, Цумадинского, Тляратинского, Рутульского, Чародинского, Ахтынского, Докузпаринского и Гумбетовского, а также на Бежтинском участке было выявлено 32 лавиноопасных участка [17]. Сход лавин обычно происходит зимой, но бывает и весной. Объем вынесенного снега достигает сотен тыс. м^3. Например, в бассейне р. Кила в декабре 1971 г. сошла лавина объемом 5934 тыс. м^3 [18].

Таким образом, каждая туристическая зона имеет свой набор опасностей, которые обусловлены особенностями геологии местности, ее рельефом, гидрографией, климатом и рядом других факторов. Эти природные процессы становятся опасными в результате доступа массового посетителя, в роли которого выступает турист.

Так, до 25 % серьезных травм во время пешеходных маршрутов происходит, когда туристы оказываются в условиях горного или зимнего путешествия под камнепадами, лавинами, при попадании на ледники или в условия резкого похолодания. При этом более 80 % камнепадов, которые стали причиной несчастных случаев с туристами, были вызваны неосторожностью самих путешественников [19].

Заключение

Опасные стихийные процессы в Дагестане одна из существенных проблем, препятствующих активному рекреационному развитию территории. Многие по-

пулярные туристические маршруты, а также места расположения уже сформированных или вновь формируемых рекреационных комплексов в Дагестане находятся под угрозой из-за опасных природных процессов различного происхождения. Нет сомнений в том, что необходимо постоянно отслеживать опасные природные процессы в регионе, активно выявлять пространственные и временные закономерности их проявления, причины, способствующие активизации этих процессов, выявлять наиболее безопасные районы для застройки и прокладки туристических маршрутов, а также работать над дальнейшим развитием рациональных методов и мер защиты.

Список источников

1. Кузьмин С. Б. Сравнительная оценка риска природопользования в субъектах Российской Федерации // Проблемы анализа риска. 2020. Т. 17. № 5. С. 48-71. DOI: 10.32686/1812-5220-2020-17-5-48-71. EDN: YFKSDU

2. Акаев Б. А., Атаев З. В. и др. Физическая география Дагестана: учебное пособие. М.: Школа, 1996. 380 с.

3. Разумов В. В., Богданов М. И., Богданова Н. Д., Разумова Н. В., Гусейнова Н. О. Оценка масштабов распространения и опасности активизации оползневых процессов в Дагестане // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. № 4. С. 56-77. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-56-77. EDN: YNRFCO

4. Глушко А. Я., Разумов В. В. Опасности проявления оползневых процессов в Южном Федеральном округе // Юг России: экология, развитие. 2009. Т. 4. № 4. С. 138-145. EDN: LALHXH

5. Шуляков Д. Ю. Распространение и районирование оползней Северо-Западного Кавказа // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: естественные науки. 2009. № 5(153). С. 125-128. EDN: KYQSJR

6. Мамаев С. А., Юсупов А. Р., Идрисов И. А., Мамаев А. С., Юсупов З. А. Новый Дюльтычайский крупный оползень на Восточном Кавказе // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2020. № 1(80). С. 78-84. DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-77-83. EDN: KYHGMZ

7. Идрисов И. А., Сулейманов В. К., Черкашин В. Н. Опасные геологические (природные) процессы в районе г. Дербент (причина и следствие) // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2019. № 4(79). С. 90-99. DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-4-90-99. EDN: WANKCN

8. Разумов В. В., Богданова Н. Д., Калов Р. О., Разумова Н. В., Полян П. М. Подверженность населённых пунктов Республики Дагестан обвально-осыпным процессам // Наука. Инновации. Технологии. 2024. № 1. С. 117-142. (In Russ). DOI: 10.37493/2308-4758.2024.1.6

9. Идармачев Ш. Г., Джамалудинов А. М., Идармачев И. Ш. Результаты наклонометрических наблюдений на опасном скальном массиве над

References

1. Kuzmin SB. Comparative nature management risk assessment in the Russian Federation districts. *Issues of Risk Analysis.* 2020;17(5):48-71. (In Russ). DOI: 10.32686/1812-5220-2020-17-5-48-71. EDN: YFKSDU

2. Akaev BA, Ataev ZV, et al. Physical Geography of Dagestan: textbook. Moscow: Shkola, 1996:380. (In Russ)

3. Razumov VV, Bogdanov MI, Bogdanova ND, Razumova NV, Guseynova NO. Assessment of the extent of distribution and danger of activation of landslide processes in Dagestan. *South of Russia: Ecology, Development.* 2019;14(4):56-77. (In Russ). DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-56-77. EDN: YNRFCO

4. Glushko AYa, Razumov V.V. A danger of landslide processes manifestation on the South Federal Region territory. *South of Russia: Ecology, Development.* 2009;4(4):138-145. (In Russ). EDN: LALHXH

5. Shulyakov DYu. Distribution and division into districts of landslips of the North-West Caucasus. *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Sciences.* 2009(5(153):125-128. (In Russ). EDN: KYQSJR

6. Mamaev SA, Yusupov AR, Idrisov IA, Mamaev AS, Yusupov ZA. New Dyultychay large landslide in the Eastern Caucasus. *Trudy Instituta Geologii Dagestanskogo Nauchnogo Tsentra RAN.* 2020(1(80):78-84. (In Russ). DOI: 10.33580/2541-9684-2020-64-1-77-83. EDN: KYHGMZ

7. Idrisov IA, Suleimanov VK, Cherkashin VN. Geological hazard in the area of Derbent (cause and effect). *Trudy Instituta Geologii Dagestanskogo Nauchnogo Tsentra RAN.* 2019(4(79):90-99. (In Russ). DOI: 10.33580/2541-9684-2019-63-4-90-99. EDN: WANKCN

8. Razumov VV, Bogdanova ND, Kalov RO, Razumova NV, Polyan PM. Exposure of the settlements in the Republic of Dagestan to landslide processes. *Science. Innovations. Technologies.* 2024(1):117-142. (In Russ). DOI: 10.37493/2308-4758.2024.1.6

9. Idarmachev ShG, Jamaludinov AM, Idarmachev ISh. The results of actinometric observations on a dangerous rock massif above the settlement

населённым пунктом Гуниб на Северном Кавказе // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2021. № 2(85). С. 55-60. DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-55-60. EDN: AMRABG

10. Левкович Р. А., Булаева Н. М. Обзор сейсмичности территории Махачкалинско-Каспийской агломерации // Мониторинг. Наука и технологии. 2013. № 4(17). С. 35-41. EDN: RSZNNN

11. Асманов О. А., Адилов З. А. Хунзахское землетрясение 28 июля 2021 года // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2022. № 3(90). С. 90-96. DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-90-96. EDN: UKDYJT

12. Асманов О. А., Адилов З. А. Гунибское землетрясение 8 декабря 2022 г. на территории Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2023. № 1(92). С. 54-59. DOI: 10.33580/2541-9684-2023-92-1-54-59. EDN: FGLCOR

13. Кондратьев Н. В., Гегиев К. А., Анаев М. Т., Куповых Г. В. Селевая опасность Восточного Кавказа // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: естественные науки. 2016. № 3(191). С. 72-75. EDN: WRPGKT

14. Кондратьева Н. В., Аджиев А. Х., Беккиев М. Ю., Гедуева М. М., Перов В. Ф. и др. Кадастр селевой опасности юга Европейской части России. Москва; Нальчик: Феория, 2015. 148 с. EDN: VHKUJH

15. Селеопасные районы Советского Союза / под ред. С. М. Флейшмана, В. Ф. Перова. М.: МГУ, 1976. 307 с

16. Олейников А. Д., Володичева Н. А. Зимы лавинного максимума на Большом Кавказе за период инструментальных наблюдений (1968-2016 гг.) // Лёд и снег. 2020. Т. 60. № 4. С. 521-532. DOI: 10.31857/S2076673420040057. EDN: ODTRQD

17. Айтеков М.-П. Б. Условия формирования георисков водного генезиса, несущих угрозу населению и территории Дагестана // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2018. № 3. С. 101-105. EDN: XZAUJF

18. Андреев И. А., Магомедова А. З., Атаев З. В. Климатические условия лавинообразования в горных ландшафтах Дагестана // Геоэкологические проблемы Северного Кавказа: материалы научно-практической конференции (9-10 ноября 2006 г., Махачкала). Махачкала, 2006. С. 59-60.

19. Карнацевич И. В., Статва А. Л. Причины несчастных случаев, опасные ситуации и природные явления в туристических походах // Омский научный вестник. 2007. № 4(58). С. 201-203. EDN: JXBZKL

of Gunib in the North Caucasus. *Trudy Instituta Geologii Dagestanskogo Nauchnogo Tsentra RAN.* 2021(2(85):55-60. (In Russ). DOI: 10.33580/2541-9684-2021-85-2-55-60. EDN: AMRABG

10. Levkovich RA, Bulaeva NM. Review of seismicity of Makhachkala - Kaspiysk agglomeration territory. *Monitoring. Science & Technologies.* 2013(4(17):35-41. (In Russ). EDN: RSZNNN

11. Asmanov OA, Adilov ZA. Khunzakh Earthquake July 28, 2021. *Trudy Instituta Geologii Dagestanskogo Nauchnogo Tsentra RAN.* 2022(3(90):90-96. (In Russ). DOI: 10.33580/2541-9684-2022-90-3-90-96. EDN: UKDYJT

12. Asmanov OA, Adilov ZA. Gunib Earthquake on December 8, 2022 in Dagestan. *Trudy Instituta Geologii Dagestanskogo Nauchnogo Tsentra RAN.* 2023(1(92):54-59. (In Russ). DOI: 10.33580/2541-9684-2023-92-1-54-59. EDN: FGLCOR

13. Kondratyeva NV, Gegiev KA, Anaev MT, Kupovykh GV. Debris flow hazard of Eastern Caucasus. *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Sciences.* 2016(3(191):72-75. (In Russ). EDN: WRPGKT

14. Kondratieva NV, Adzhiev AKh, Bekkiev MYu, Gedueva MM, Perov VF, et al. Mudflow hazard cadastre for the south of the European part of Russia. Moscow; Nalchik: Feoria, 2015:148. (In Russ). EDN: VHKUJH

15. Fleishman SM, Perov VF (eds.). Mudflow-hazardous areas of the Soviet Union. Moscow: Moscow State University, 1976:307. (In Russ)

16. Oleinikov AD, Volodicheva NA. Winters of avalanche maximum in the Greater Caucasus for the period of instrumental observations (1968-2016). *Ice and Snow.* 2020;60(4):521-532. (In Russ). DOI: 10.31857/S2076673420040057. EDN: ODTRQD

17. Aitekov MPB. Conditions for formation of georisk of water genesis of carrying threat to population and territory of Daghestan. *Nauka, Novye Tekhnologii i Innovatsii Kyrgyzstana.* 2018(3):101-105. (In Russ). EDN: XZAUJF

18. Andreev IA, Magomedova AZ, Ataev ZV. Climatic conditions of avalanche formation in the mountain landscapes of Dagestan. *Geoecological Issues of the North Caucasus: Proceedings of the Scientific and Practical Conference (November 9-10, 2006, Makhachkala).* Makhachkala, 2006:59-60. (In Russ)

19. Karnatsevich IV, Statva AL. Causes of accidents, dangerous situations and natural phenomena in hiking trips. *Omsk Scientific Bulletin.* 2007(4(58):201-203. (In Russ). EDN: JXBZKL

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

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Affiliations

Zemfira M. Gadzhieva, Ph.D. (Geography), 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

Критерии авторства

Авторы принимали равное участие на всех этапах работы.

Contribution of the authors

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 25.02.2025
Одобрена после рецензирования 27.05.2025
Принята к публикации 01.07.2025

The article was submitted 25.02.2025
Approved after reviewing 27.05.2025
Accepted for publication 01.07.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 332.334:551.3:550.837
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-58-65
EDN: JFEBAL

Мониторинг земель в сложных инженерно-геологических условиях Южного берега Крыма

©2025 **Мельничук А. Ю., Якобчак О. Ю., Суббота И. Л.**✉
Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского
Симферополь, Россия, omelnichuk61@mail.ru,
ingasamedi@yandex.ru, geneva.pb@yandex.ru✉

РЕЗЮМЕ. Целью исследования является анализ мониторинга земель в сложных инженерно-геологических условиях Южного берега Крыма. **Методы.** Мониторинг выполнялся на базе геофизического метода естественных импульсов электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). **Результаты.** На основании проведенного мониторинга было установлено, что участок имеет зоны с различной концентрацией напряжений, что показывает возможную неустойчивость массивов горных пород исследуемой территории. **Выводы.** Данные исследования дают возможность избегать негативных последствий в условиях строительства и эксплуатации объектов капитального строительства.

Ключевые слова: экзогенные геологические процессы, мониторинг земель, оползни, Южный берег Крыма.

Формат цитирования: Мельничук А. Ю., Якобчак О. Ю., Суббота И. Л. Мониторинг земель в сложных инженерно-геологических условиях Южного берега Крыма // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 2. С. 58-65. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-58-65. EDN: JFEBAL

Monitoring of Lands in the Complex Engineering-Geological Conditions of the Southern Coast of Crimea

©2025Alexander Y. Melnichuk, Olesya Y. Yakobchak, Inga L. Subbota✉
V. I. Vernadsky Crimean Federal University
Simferopol, Russia, omelnichuk61@mail.ru,
ingasamedi@yandex.ru, geneva.pb@yandex.ru✉

ABSTRACT. The **aim** of the research is to analyze land monitoring in complex engineering-geological conditions of the Southern Coast of Crimea. **Methods.** Monitoring was carried out based on the geophysical method of natural impulses of the Earth's electromagnetic field (NIEEF). **Results.** Based on the monitoring, it was found that the site has zones with different stress concentrations, which indicates possible instability of rock massifs in the study area. **Conclusions.** This research makes it possible to avoid negative consequences in the context of construction and operation of capital construction projects.

Keywords: exogenous geological processes, land monitoring, landslides, Southern Coast of Crimea.

For citation: Melnichuk AYu, Yakobchak OYu, Subbota IL. Monitoring of Lands in the Complex Engineering-Geological Conditions of the Southern Coast of Crimea. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(2):58-65 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-58-65. EDN: JFEBAL

Введение

На сегодняшний день особое значение приобрёл процесс дифференциации земель населённых пунктов, определяющий специальный порядок использования таких территорий. Рост темпов застройки в условиях усиления оползневой и сейсмической активности, что особенно характерно для Южного берега Крымского полуострова, обуславливает необходимость поисков новых направлений мониторинга земель и разработки их специального оценочного механизма.

Современная система наблюдений, оценки и прогноза состояния земель с учетом влияния экзогенных оползневых процессов базируется как на своевременном выявлении изменений, их оценке, прогнозе, предупреждении и устранении последствий негативных процессов, так и на мониторинге состояния земель.

В соответствии с Земельным кодексом Российской Федерации [1] в рамках мониторинга состояния земель осуществляются наблюдение за изменением количественных и качественных характеристик земель, в том числе с учетом данных результатов наблюдений за состоянием почв, их загрязнением, захламлением и деградацией земель.

Мониторинг земель в условиях активизации эндогенных и экзогенных процессов включает в себя:

– оценку состояния земель под влиянием экзогенных геологических процессов;

– оценку состояния земель под влиянием эндогенных геологических процессов.

Территория Крымского полуострова была и остается геологически, геофизически и геодинамически нестабильным регионом, что определяет изменчивость напряженно-деформированного поля Земли. Южный берег Крыма, в свою очередь, является самым нестабильным участком в плане геодинамики. Основными компонентами структурной компоновки Крымского полуострова являются прибрежная полоса, предгорье, главная и внутренняя гряда Крымских гор, долины рек. Керченский полуостров также можно отнести к геодинамически сложным регионам с активизацией как оползневых процессов, так и имеющимся на этой территории около 120 грязевых вулканов [2-4].

На сегодняшний день очень серьезной проблемой для Крымского полуострова является увеличение количества оползней. По данным Крымского республиканского центра оползневой и сейсмической опасности, около 1600 оползней уже поставлены на кадастровый учет [2].

Крымский полуостров находится в тектонически активной зоне альпийской складчатости, что обуславливает его сейсмическую активность. Наиболее сильные землетрясения приходятся на участки око-

ло двадцати километров от береговой линии. А интенсивность сейсмических толчков на самой территории Южного берега составляет около 8-9 баллов. Активизация геологических структур меняет параметры разных физических полей – гравитационного, электрического, магнитного, гидродинамического, температурного, электромагнитного напряжения [2-4].

Как указывают в своих работах крымские ученые И. Ф Ерыш и В. Н. Саломатин [2], на Крымском полуострове выделено более двадцати видов экзогенных геологических процессов. Оползни занимают практически 40 % крымской территории. Оползневые процессы приводят к существенным преобразованиям территорий. Все эти причины определяют потребность в проведении системного мониторинга земель.

Материалы и методы исследования

В качестве основного метода мониторинга использовался геофизический метод ЕИЭМПЗ, который впервые был описан советским геофизиком, деканом физического факультета Ленинградского государственного университета Александром Павловичем Краевым. Его исследования явились основой для создания нового направления в электроразведке. С середины семидесятых годов двадцатого века на оползневых территориях Крымского полуострова профессором В. Н. Саломатиным впервые были проведены эксперименты с использованием метода ЕИЭМПЗ, что позволило оценить не только напряженно-деформированное состояние оползневых грунтовых массивов, но и спрогнозировать проявление таких опасных геологических процессов, как экзогенные оползневые [5].

Мониторинг проводился на территории поселка Кучук-Кой, что переводится с крымско-татарского как «Маленькое место». Регионально территория относится к Большой Ялте. В Крымском кадастре оползней Кучук-Койская оползневая система (ККОС) имеет номер 17 и по типу деформаций и масштабности проявления оползневых процессов относится к катастрофически-огромным сложным многоярусным оползням, по механизму смещения – регрессивная, абразионная, по виду – потоковая. Исследуемая территория попадает в ареал данного оползня, который является одним из самых разрушительных. 10 февраля 1786 г. поселок Кучук-Кой практически полностью был погребен под массой грунта в объеме около 50-ти миллионов кубометров.

Кучук-Койская оползневая система имеет в целом трехглавую глетчеровидную форму (рис. 1). С запада она ограничена субмеридиональным Кастропольским водоразделом, представляющим собой межоползневой гребень, сложенный коренными отложениями мелласской свиты средней юры. С севера ККОС ограничена обрывом Ай-Петринской яйлы, а с востока – Кордонским хребтом. Южной границей оползневой системы служит современный урез Черного моря. Длина ККОС по оси движения составляет около 2340 м, ширина в головной части достигает 1630 м, в средней части – 1125 м, в языковой – 1525 м. Кучук-Койский оползень представляет собой несколько смежных, взаимно связанных в единую систему оползней (стабилизированных и частично активных), расположенных в корытообразных впадинах склона и разделённых выступающими на поверхность межоползневыми гребнями. Всего для ККОС выделено 26 ступеней, созданных в результате катастрофических смещений 1735-1786 гг. [2].

Стенка отрыва Ай-Петринской яйлы имеет крутизну от 50 до 90° и высоту до 400 м. Севернее бровки отрыва располагается платообразная поверхность Ай-Петринской яйлы, сложенной массивными и слоистыми карстующимися известняками верхней юры. Поверхность яйлы с ее многочисленными бессточными воронками карстового происхождения является областью питания подземных вод Кучук-Койской оползневой системы. В поперечном сечении поверхность ККОС представляет собой корытообразное понижение со сравнительно крутыми бортами (30-40°), вложенное в Кучук-Койскую депрессию. Преобладающими формами микрорельефа являются ступенчатость, ложбинообразность, редко встречаются бессточные заболоченные понижения. Ложбины, в которые вложены оползни высоких порядков (ветви), разделены между собой вытянутыми в субмеридиональном направлении гребнями (Гриш, Марианны, Кладбищенским, Галины).

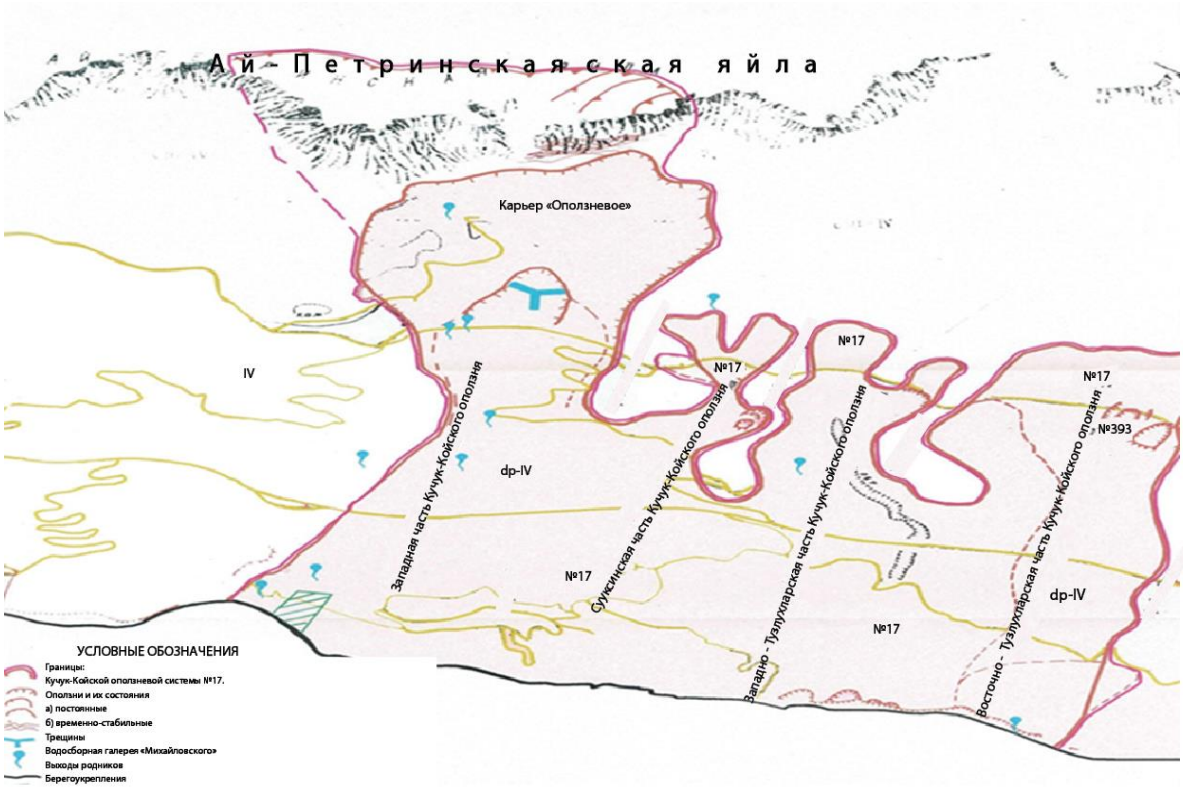


Рис. 1. **Схема Кучук-Койской оползневой системы № 17**
Fig. 1. Schematic of the Kuchuk-Koy landslide system No. 17

Средняя крутизна поверхности склона составляет 13-18°, а на отдельных участках она достигает 30-40°. Ввиду литологических особенностей поверхности склона (обилие мощных коллювиальных накоплений), поверхностный сток в верхней части оползневого склона до шоссе Ялта – Севастополь практически отсутствует. В средней полосе и большей части нижнего участка склона среднегодовой сток составляет до 30 % от атмосферных осадков (при ливневых осадках достигает 90 %).

В результате таких особенностей поверхностного стока в средней и нижней частях Кучук-Койской оползневой системы сформировались глубоковрезанные овраги с V-образным поперечным профилем, которые подсекаются современным клифом [2].

Овраги имеют крутизну до 50-60° и осложнены оползнями высоких порядков, а дно загромождено крупными глыбами известняков (до 5 м в поперечнике). По западному оврагу проходит поверхностный сток с расходом до 1 л/сек, образующий маловодный водопад высотой уступа до 7 м.

Территория имеет оползневые отложения: аргиллиты, перекрытые оползневыми суглинистыми и дресвяными отложениями, а также техногенными образованиями голоцена. По сложности инженерно-геологических условий район относится к средней категории. Исследуемая территория входит в 8-балльную сейсмическую зону по шкале MSK-64.

В ареале изучаемой территории находится объект культурного наследия «Новый Кучук-Кой». Парковая зона включает в себя не только реликтовые зеленые насаждения, но и домик (дачу) В. А. Жуковского, известного русского поэта, переводчика, основоположника романтизма в русской поэзии, литературного наставника А. С. Пушкина. Территория историко-культурного наследия имеет площадь около 4,74 га [6].

На рисунке 2 представлена схема зонирования территории памятника ландшафтной архитектуры и садово-парковой искусства «Новый Кучук-Кой».

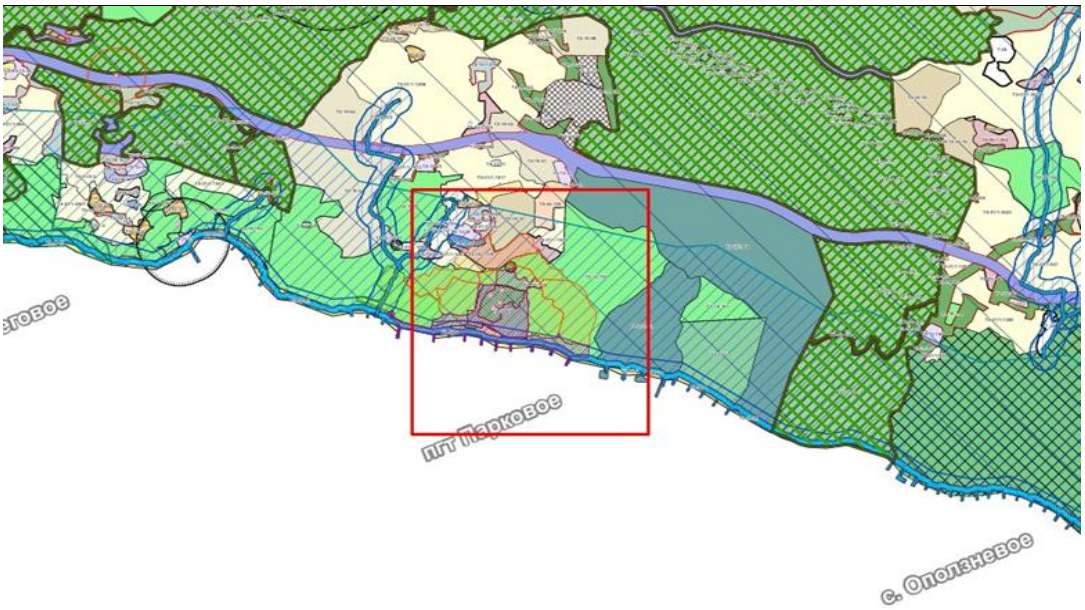


Рис. 2. **Схема зонирования территории памятника ландшафтной архитектуры и садово-паркового искусства «Новый Кучук-Кой»**
Fig. 2. Zoning scheme for the territory of the monument of landscape architecture and garden and park art «New Kuchuk-Koy»

Результаты и их обсуждение

Мониторинг на исследуемой территории проводился с 2017 г., что позволило выявить не только динамику напряженно-деформированного состояния грунтов, но и провести прогноз изменений с учетом влияния экзогенных оползневых процессов.

Комплексное применение различных геофизических методов дает возможность проводить исследования неразрушающими методами, что особенно актуально в условиях сохранения естественного ландшафта Южного берега Крыма. Электроразведочные, сейсмоакустические, магниторазведочные и гравиразведочные методы позволяют работать в сложных инженерно-геологических условиях и решать практически любую, поставленную геофизикам, задачу [7-9].

Метод ЕИЭМПЗ позволил выполнить мониторинг напряженно-деформированного состояния исследуемой территории в п. Кучук-Кой с учетом проявления активных оползневых процессов и прогностической оценкой инженерно-геологической ситуации.

Исследования проводились методом профилирования. Для четкости определения всех элементов, профили закладывали вкрест исследуемого участка. В некоторых случаях шаг уменьшался или закладывались дополнительные профили. Это позволяло наиболее подробно выявлять аномалии. На основании полученных данных были построены карты-схемы напряженно-деформированного состояния грунтового массива исследуемой территории на базе программы Golden Surfer 30.1.218 [10]. Благодаря интерполяционным функциям программа позволяет выстраивать различные поверхности в двухмерном и трехмерном изображении. Программа выводит результат, как цифровую модель поверхности в виде значений в узлах прямоугольной регулярной сетки, дискретность которой определяется в зависимости от конкретной задачи.

На рисунках 3 и 4 по данным исследований представлены карты-схемы интенсивности ЕИЭМПЗ, шкала интенсивности и трехмерная модель, отражающие напряженное состояние территории по нескольким цветовым диапазонам. Максимальная концентрация напряжений выделена красным цветом в диапазоне от 315 до 340 импульсов в секунду, что характерно для оползнеопасных участков. Высокая концентрация находится в диапазоне от 315 до 270 импульсов в секунду и указывает на механическое напряжение пород. Фоновое (нормальное) распределение ЕИЭМПЗ (0-115 импульсов в секунду) свидетельствует о об однородности инженерно-геологических условий участка исследований.

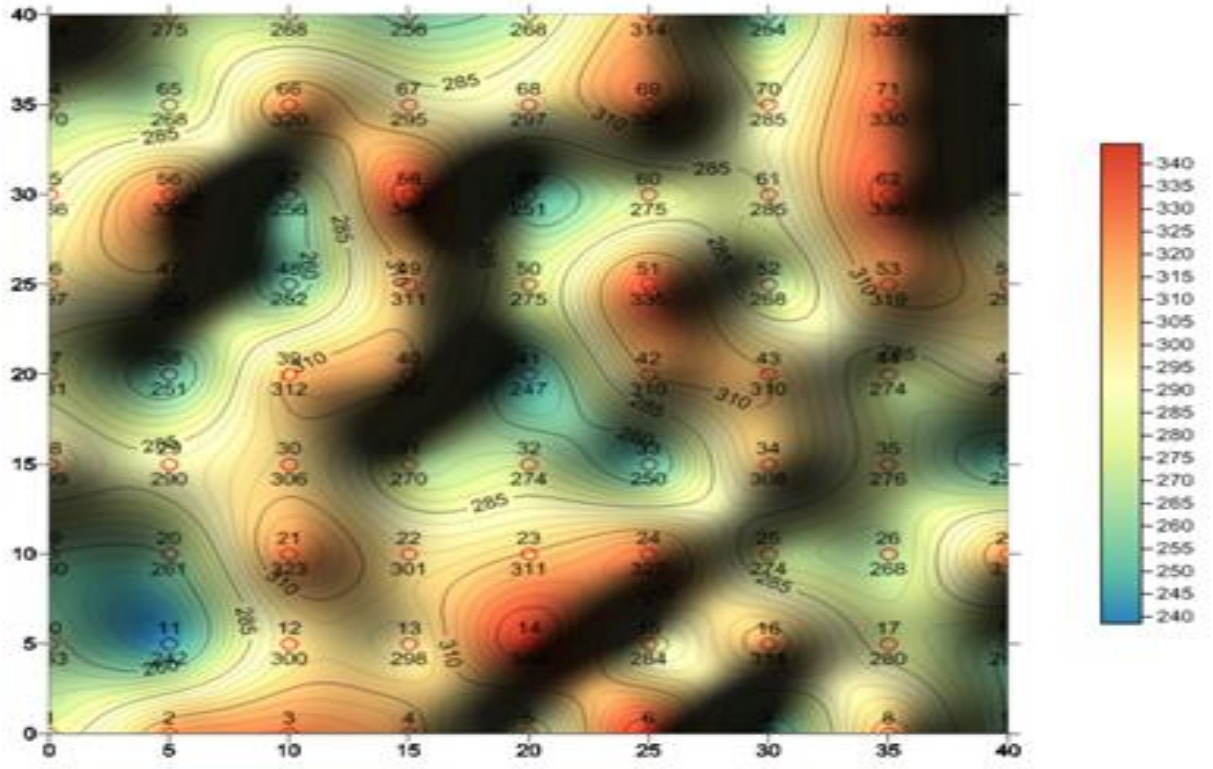


Рис. 3. **Карта-схема напряженно-деформированного состояния грунтового массива исследуемой территории**
Fig. 3. Map-scheme of the stress-strain state of the soil massif in the studied territory

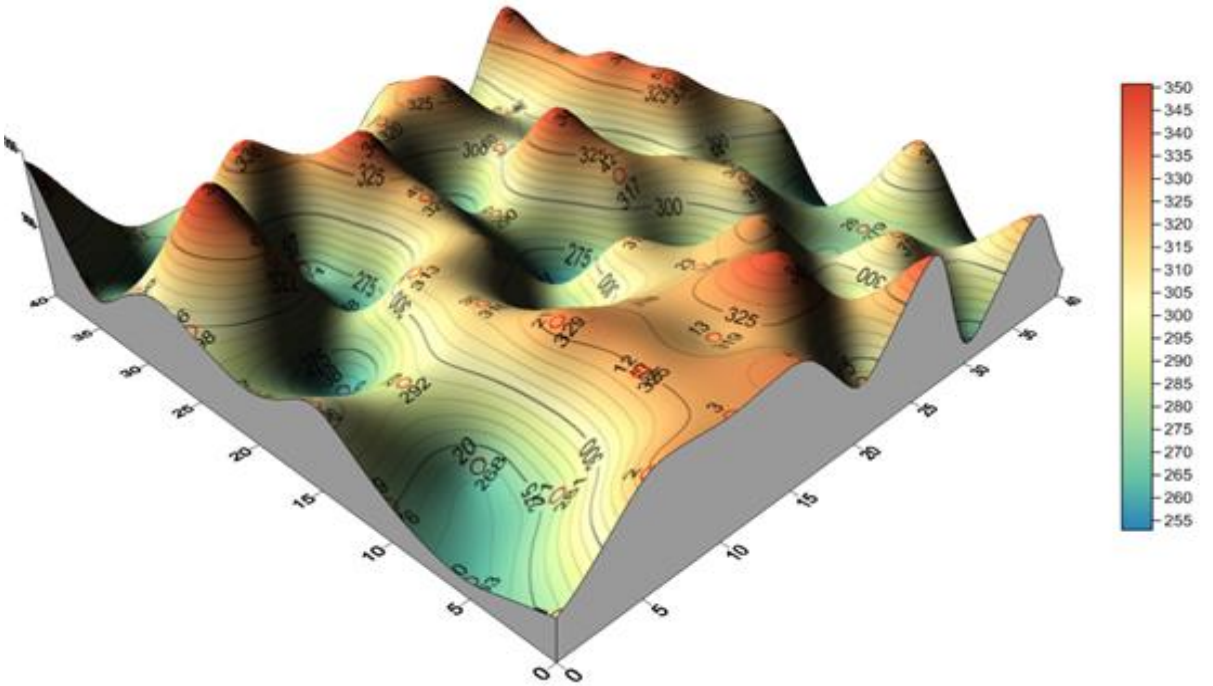


Рис. 4. **Карта-схема напряженно-деформированного состояния грунтового массива исследуемой территории (трехмерное изображение)**
Fig. 4. Map-scheme of the stress-strain state of the soil massif in the studied area (three-dimensional image)

Данный метод исследования постоянно усовершенствуется. Становится более удобным и практичным используемое оборудование. По данным работ [2; 3], одним из первых приборов является «РВИНДС 1-3» – радиоволновой индикатор напряженно-деформированного состояния пород, выпущенный в 1984 г. во Львове. Следующий прибор «Апогей» был разработан Киевским заводом «Геофизприбор». В начале 1990-х гг. в Феодосии был выпущен усовершенствованный опытный образец прибора типа «ДЭМОН» – дистанционный электромагнитный обнаружитель напряжений, затем был изготовлен усовершенствованный прибор индикаторного типа «Адонис», на базе которого были проведены исследования [2; 3].

Заключение

Результаты проведённого мониторинга напряжённо-деформированного состояния грунтового массива исследуемой территории Южного берега Крыма свидетельствуют о неустойчивости пород. Наличие зон с высокой и максимально высокой концентрацией напряжений позволяет сделать вывод об активизации оползневых процессов.

На сегодняшний день такие исследования могут позволить снизить риск возникновения экстраординарных ситуаций в период массовой застройки Крымского полуострова.

Строительство в условиях усиления экзогенных и эндогенных процессов возрастает, что особенно показательно для Южного берега. Это связано с практически полным отсутствием свободных территорий, пригодных для размещения объектов капитального строительства. Важным аспектом в этой проблеме является мониторинг земель в условиях распространения негативных процессов.

Список источников

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 136-ФЗ (ред. от 20.03.2025) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: http://docs.cntd.ru/document/744100004/ (дата обращения: 17.08.2025).

2. Ерыш И. Ф., Саломатин В. Н. Оползни Крыма. Ч. 1. История отечественного оползневедения. Симферополь: Апостроф, 1999. 254 с.

3. Юдин В. В. Геодинамика Крыма: монография. Симферополь: ДИАЙПИ, 2011. 336 с.

4. Юдин В. В. Геодинамика Черноморско-Каспийского региона. Киев: УкрГГРИ, 2008. 117 с.

5. Саломатин В. Н., Мастов Ш. Р., Зашинский Л. А. Методические рекомендации по изучению напряженного состояния пород методом регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). Симферополь: КИПКС, КОС-НИО, 1991. 87 с.

6. Галиченко А. А. Старинные усадьбы Крыма. Симферополь: Бизнес-Информ, 2013. 416 с.

7. Устойчивый Крым. План действий: научные труды КИПКС. Киев-Симферополь: СОНАТ, 1999. 400 с.

8. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003. М.: Стандартинформ, 2012. 65 с.

9. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. М.: Стандартинформ, 2016. 167 с.

References

1. Land Code of the Russian Federation dated 25.10.2001 136-FZ (as amended on 20.03.2025). *Electronic Fund of Legal and Normative-Technical Documents.* URL: http://docs.cntd.ru/document/744100004/ (accessed 17.08.2025). (In Russ)

2. Erysh IF, Salomatin VN. Landslides of Crimea. Part 1. History of domestic landslide study. Simferopol: Apostroph, 1999:254. (In Russ)

3. Yudin VV. Geodynamics of Crimea: monograph. Simferopol: DIAIPI, 2011.:336. (In Russ)

4. Yudin VV. Geodynamics of the Black Sea-Caspian Region. Kyiv: USGPI, 2008:117. (In Russ)

5. Salomatin VN, Mastov ShR, Zashinsky LA. Methodological recommendations for studying the stress state of rocks by recording the natural pulsed electromagnetic field of the Earth (NPEFE). Simferopol: KIPKS, KOS-NIO, 1991:87. (In Russ)

6. Galichenko AA. Old estates of Crimea. Simferopol: Business-Inform, 2013:416. (In Russ)

7. Sustainable Crimea. Action plan: scientific works of Crimean Institute of Environmental Protection and Resort Construction. Kyiv-Simferopol: SONAT, 1999:400. (In Russ)

8. Set of regulations 116.13330.2012 Engineering protection of territories, buildings and structures from dangerous geological processes. Basic principles. Updated version of SNiP 22-02-2003. Moscow: Standartinform, 2012:65. (In Russ)

9. Set of regulations 47.13330.2016 Engineering survey for construction. Basic principles. Updated version of 11-02-96. Moscow: Standartinform, 2016:167. (In Russ)

10. Решение геологических задач с применением программного пакета Surfer: практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления «Прикладная геология» / сост. И. А. Иванова, В. А. Чеканцев. Томск: Томский политехнический университет, 2008. 92 с.

10. Ivanova IA, Chekantsev VA. Solving geological problems using the Surfer software package: A practical training course for students majoring in Applied Geology to complete their educational and research work. Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2008:92. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Мельничук Александр Юрьевич, доктор технических наук, доцент, факультет землеустройства и геодезии, заведующий кафедрой землеустройства и кадастра, Институт «Агротехнологическая академия», Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия, omelnichuk61@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9440-5556

Якобчак Олеся Юрьевна, аспирант кафедры землеустройства и кадастра, Институт «Агротехнологическая академия», Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия, ingasamedi@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0007-9367-6032

Суббота Инга Леонидовна, кандидат технических наук, доцент кафедры геотехники и конструктивных элементов зданий, Институт «Академия строительства и архитектуры», Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия, geneva.pb@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-2541-2696

Критерии авторства

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 19.08.2025
Одобрена после рецензирования 02.09.2025
Принята к публикации 12.09.2025

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Alexander Y. Melnichuk, Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor, Faculty of Land Management and Geodesy, Head of the Department of Land Management and Cadastre, Agrotechnological Academy Institute, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia, omelnichuk61@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9440-5556

Olesya Y. Yakobchak, Ph.D. student, Department of Land Management and Cadastre, Agrotechnological Academy Institute, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia, ingasamedi@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0007-9367-6032

Inga L. Subbota, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Department of Geotechnics and Structural Buildings Elements, Agrotechnological Academy Institute, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia, geneva.pb@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-2541-2696

Contribution of the authors

All authors made equivalent contributions to the publication.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 19.08.2025
Approved after reviewing 02.09.2025
Accepted for publication 12.09.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 338.48:796(470)
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-66-78
EDN: OLMMCL

Спортивная инфраструктура: понятие, особенности развития и география в Российской Федерации

©2025Николаев И. А., Нехаева Н. Е.✉, Семина И. А.
Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва
Саранск, Россия, pandos.il@mail.ru, nne@bk.ru✉, isemina@mail.ru

РЕЗЮМЕ. В статье исследуется состояние, особенности развития и география спортивной инфраструктуры в Российской Федерации. **Целью** работы является анализ текущей ситуации, выявление факторов, влияющих на распределение спортивных объектов. В исследовании использованы методы статистического анализа, контент-анализа, аналитический, системный анализ и сравнительно-географический. **Результаты** показывают, что в России функционирует около 350 000 спортивных сооружений, но их распределение остается неравномерным. Уровень обеспеченности населения спортивной инфраструктурой составляет 64,5 %, однако в ряде регионов он существенно ниже. Основными проблемами остаются нехватка финансирования, недостаточная обеспеченность малых городов и сельских территорий, а также устаревание ряда объектов. В то же время наблюдается рост количества людей, занимающихся спортом, что подтверждает эффективность государственной политики в данной сфере. **Выводы** подчеркивают необходимость дальнейших инвестиций, разработки адресных программ по развитию спортивных объектов в отдаленных регионах и совершенствования механизмов финансирования отрасли.

Ключевые слова: спортивная инфраструктура, физическая культура, спортивные объекты, государственная политика, финансирование спорта, территориальные диспропорции, модернизация спортивных объектов, нормативно-правовое регулирование, география.

Формат цитирования: Николаев И. А., Нехаева Н. Е., Семина И. А. Спортивная инфраструктура: понятие, особенности развития и география в Российской Федерации // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 2. С. 66-78. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-66-78. EDN: OLMMCL

Sports Infrastructure: Concept, Development Features and Geography in the Russian Federation

©2025Ilya A. Nikolaev, Natalia E. Nekhaeva✉, Irina A. Semina
National Research Ogarev Mordovia State University
Saransk, Russia, pandos.il@mail.ru, nne@bk.ru✉, isemina@mail.ru

ABSTRACT. The paper examines the state, development features and geography of sports infrastructure in the Russian Federation. The **aim** of the paper is to analyze the current situation, identify factors affecting the distribution of sports facilities. **Methods**. The research used statistical analysis, content analysis, analytical, system analysis and comparative geographic analysis. The **results** show that there are about 350,000 sports facilities in Russia, but their distribution remains uneven. The level of the population's provision with sports infrastructure is 64.5 %, but in a number of regions it is significantly lower. The main problems remain lack of funding, insufficient provision of small towns and rural areas, as well as the obsolescence of a number of facilities. At the same time, there is an increase in the number of people involved in sports, which confirms the effectiveness of state policy in this area. The **conclusions** emphasize the need for fur-

ther investments, development of targeted programs for the sports facilities in remote regions and the improvement of financing mechanisms for the industry.

Keywords: sports infrastructure, physical culture, sports facilities, state policy, sports financing, territorial disproportions, modernization of sports facilities, legal regulation, geography.

For citation: Nikolaev IA, Nekhaeva NE, Semina IA. Sports Infrastructure: Concept, Development Features and Geography in the Russian Federation. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(2):66-78. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-66-78. EDN: OLMMCL

Введение

Развитие спортивной инфраструктуры является важным элементом государственной политики в сфере физической культуры и спорта. В современных условиях значимость качественной и доступной спортивной инфраструктуры многократно возрастает, поскольку она не только способствует повышению уровня физической активности населения, но и оказывает значительное влияние на социально-экономическое развитие регионов. В связи с этим изучение особенностей формирования и развития спортивных объектов в Российской Федерации представляет собой актуальную и значимую исследовательскую задачу.

Проблема исследования заключается в выявлении ключевых факторов, определяющих развитие спортивной инфраструктуры в России, а также в анализе существующих проблем, препятствующих ее эффективному функционированию. Несмотря на значительные инвестиции в эту сферу, остается открытым вопрос о равномерности распределения спортивных объектов, их доступности для различных групп населения, а также о долговечности и эффективности эксплуатации существующих сооружений.

Актуальность исследования обусловлена рядом факторов. Во-первых, возрастающим интересом общества к здоровому образу жизни и ростом потребности в качественной спортивной инфраструктуре. Во-вторых, стратегическими целями Российской Федерации по развитию массового спорта и увеличению числа граждан, систематически занимающихся физической активностью. В-третьих, необходимостью повышения эффективности использования бюджетных средств и привлечения инвестиций в развитие спортивных объектов.

Вопросы развития спортивной инфраструктуры широко рассматриваются в научных трудах российских и зарубежных исследователей. В нормативных документах, таких как «Стратегия развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года» [1] и «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [2], определяются ключевые направления и целевые показатели развития спортивной инфраструктуры. В работах Е. В. Беликовой [3] и О. Н. Вишняковой [4] рассматривается влияние социальной инфраструктуры спортивных организаций на вовлеченность населения в физическую активность и устойчивость развития отрасли. Исследования П. В. Квашука, Г. Н. Семаева, И. Н. Николаева [5] и Е. Г. Лиманской, Ю. Д. Овчинникова и А. И. Величко [6] уделяют внимание анализу доступности спортивных объектов и роли государства в их финансировании.

Однако среди исследователей существуют разногласия относительно механизмов регулирования и степени участия частного капитала в развитии спортивной инфраструктуры. Ю. О. Иванова [7] подчеркивает необходимость усиления государственного контроля за эксплуатацией спортивных объектов, тогда как Е. А. Сергеев [8] указывает на преимущества гибкого управления и привлечения инвесторов. Данные Росстата [9] и Министерства спорта России [10] подтверждают тенденции к увеличению доли населения, занимающегося физической культурой, однако остаются проблемы диспропорции в обеспеченности регионов инфраструктурой.

Цель исследования – анализ особенностей развития спортивной инфраструктуры в Российской Федерации, выявление основных проблем и предложений по их решению. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: 1) изучить теоретические основы понятия «спортивная инфраструктура», определить ключевые характеристики и классификацию спортивных объектов; 2) про-

анализировать текущее состояние спортивной инфраструктуры в России, выявить основные тенденции и проблемы ее развития.

Материалы и методы исследования

Исследование спортивной инфраструктуры в России проводилось с использованием комплексного подхода, включающего анализ нормативно-правовой базы, статистических данных, а также сравнительно-географический и системный анализ. Основными методами исследования стали контент-анализ официальных документов, статистический анализ данных Росстата и Министерства спорта РФ, а также экспертные интервью с представителями спортивных организаций.

Для анализа нормативно-правовой базы были изучены ключевые стратегические документы, включая «Стратегию развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года», указы Президента РФ и распоряжения Правительства РФ, регулирующие развитие спортивной инфраструктуры. Использование данных Росстата позволило получить объективные количественные показатели по состоянию спортивных объектов в регионах России и сделать обоснованные выводы на основе территориального анализа развития спортивной инфраструктуры в регионах Приволжского федерального округа (ПФО).

Исследование проводилось в несколько этапов. На первом этапе был осуществлен сбор и обработка данных о нормативной базе, действующих программах и инициативах по развитию спортивной инфраструктуры. Второй этап включал анализ статистических данных за 2020-2024 гг., позволяющий выявить тенденции в развитии спортивных объектов. Третий этап предусматривал проведение экспертных интервью с представителями региональных органов управления спортом, что позволило учесть практический опыт и особенности реализации государственных программ.

Выбранный комплексный подход обусловлен необходимостью объективного анализа развития спортивной инфраструктуры, поскольку сочетание количественных и качественных методов позволяет выявить не только статистические тенденции, но и факторы, влияющие на эффективность реализации программ.

Порядок процедуры:

1. Сбор и анализ нормативно-правовых документов.

2. Обработка статистических данных о спортивных объектах в регионах РФ.

3. Обобщение полученных данных, выявление закономерностей и проблем.

4. Подготовка выводов и рекомендаций.

В процессе исследования была проведена адаптация метода контент-анализа, учитывающая специфические особенности российского законодательства в сфере спорта. Также были разработаны авторские критерии оценки доступности спортивных объектов, что позволило получить более детализированные результаты. Использованные материалы включали официальные статистические отчеты, законодательные акты и аналитические доклады профильных исследователей.

Результаты и их обсуждение

Развитие спортивной инфраструктуры в Российской Федерации играет ключевую роль в формировании культуры здорового образа жизни, повышении уровня физической активности населения и укреплении позиций страны в международном спортивном сообществе. В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост интереса граждан к регулярным занятиям физической культурой и спортом, что обусловлено как государственной политикой, направленной на популяризацию здорового образа жизни, так и социально-экономическими факторами. Согласно «Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года» доля населения, систематически занимающегося спортом, должна достичь 70 % к концу отчетного периода, что требует активного расширения и модернизации спортивной инфраструктуры [1].

На данный момент спортивная инфраструктура России представлена разноплановой сетью объектов: от крупных федеральных спортивных комплексов и стадионов до локальных тренировочных площадок и дворовых спортивных зон. Особенностью российской спортивной инфраструктуры является ее территориальная диспропорция: обеспеченность населения спортивными объектами значительно варьируется в зависимости от региона. Исследования Е. Г. Лиманской, Ю. Д. Овчинникова и А. И. Величко пока-

зывают, что в городах-миллионниках наблюдается высокая концентрация спортивных сооружений, тогда как в сельской местности доступность таких объектов остается крайне низкой [6].

Другой проблемой является состояние уже существующих объектов. По данным Министерства спорта РФ, значительная часть спортивных сооружений требует капитального ремонта или реконструкции [10]. Л. П. Малова отмечает, что устаревшие спортивные объекты, не соответствующие современным требованиям, становятся барьером для вовлечения населения в регулярные занятия спортом [11].

Финансирование спортивной инфраструктуры также представляет собой сложную задачу. Несмотря на наличие государственных программ поддержки, бюджетных средств недостаточно для полного покрытия потребностей отрасли. С. В. Валов, В. В. Шевченко и Н. А. Зубцов в своих работах указывают на необходимость более активного привлечения частных инвестиций и внедрения механизмов государственно-частного партнерства [12].

Одним из актуальных направлений развития спортивной инфраструктуры является цифровизация. Введение современных информационных систем управления спортивными объектами, внедрение электронных сервисов для бронирования и мониторинга загруженности, использование «умных» технологий для повышения энергоэффективности сооружений – все это способно существенно повысить эффективность функционирования инфраструктуры. Исследования А. Б. Фахретдиновой, О. Н. Вишняковой, Г. Ф. Агеевой подтверждают, что цифровые технологии способствуют рациональному использованию спортивных объектов и повышению их доступности для населения [13].

Спортивная инфраструктура является неотъемлемой частью системы физической культуры и спорта, обеспечивающей условия для регулярных занятий, проведения соревнований и организации массовых мероприятий. Федеральный закон «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» [14] определяет ее как совокупность объектов, предназначенных для осуществления физкультурно-спортивной деятельности (табл.). Однако данное определение не учитывает различий в назначении объектов, уровнях их доступности и степени вовлеченности населения. В современной научной литературе спортивная инфраструктура рассматривается с точки зрения физического оснащения и в более широком контексте – как инструмент социального развития, механизм укрепления общественного здоровья и фактор региональной политики [7].

Таблица. **Основные понятия спортивной инфраструктуры**
Table. Basic concepts of sports infrastructure

Понятие Concept	**Определение** Definition	**Источник** Source
Спортивная инфраструктура	Совокупность объектов, предназначенных для занятий физической культурой, профессиональным и любительским спортом, включая спортивные сооружения, инженерные коммуникации и вспомогательные зоны	14
Спортивное сооружение	Объект недвижимости, специально оборудованный для тренировок, соревнований и физкультурно-оздоровительных занятий, включающий здания, площадки и оборудование	15
Объекты массового спорта	Площадки и комплексы, предназначенные для физической активности широких слоев населения, включая дворовые стадионы, школьные спортзалы и фитнес-парки	3
Объекты профессионального спорта	Сооружения для тренировочного процесса и соревнований профессиональных спортсменов, включая стадионы, олимпийские комплексы и специализированные тренировочные базы	12
Многофункциональный спортивный комплекс	Спортивный объект, способный адаптироваться под различные виды спортивных и культурно-массовых мероприятий, что повышает его экономическую эффективность	8
Цифровая спортивная инфраструктура	Информационные системы и технологии, используемые для управления спортивными объектами, мониторинга их загруженности и оптимизации их использования [15]	4
Спортивные объекты образовательных учреждений	Сооружения, предназначенные для занятий физической культурой учащихся, включая школьные спортзалы, бассейны и площадки [16]	16

Анализируя подходы к определению спортивной инфраструктуры, Е. Г. Лиманская, Ю. Д. Овчинников и А. И. Величко выделяют три ключевых аспекта: территориальную доступность, техническую оснащенность и уровень многофункциональности объектов [6]. По их мнению, российская система спортивной инфраструктуры страдает от значительных территориальных диспропорций: в крупных городах наблюдается концентрация современных спортивных объектов, тогда как в малых населенных пунктах их количество и качество остаются на низком уровне, что подтверждается данными Министерства спорта РФ, согласно которым уровень обеспеченности сельских территорий спортивными сооружениями на 30-40 % ниже, чем в мегаполисах [10]. Данный разрыв, по мнению исследователей, усугубляется недостаточным объемом государственных инвестиций в спортивное строительство в регионах с низкой плотностью населения.

С. В. Валов, В. В. Шевченко и Н. А. Зубцов предлагают классифицировать спортивную инфраструктуру по функциональному назначению:

– объекты массового спорта (дворовые площадки, общественные фитнес-зоны);

– специализированные спортивные объекты (бассейны, ледовые арены, теннисные корты);

– профессиональные спортивные комплексы (стадионы, тренировочные базы для подготовки спортсменов высокого уровня) [12].

Подобная дифференциация позволяет учитывать различные потребности общества, однако остается вопрос о комплексном использовании спортивных объектов. Сергеев Е. А. указывает, что спортивные сооружения должны обладать многофункциональностью, позволяющей использовать их не только для спортивных мероприятий, но и для проведения концертов, выставок и общественных встреч [8].

Супрунчук И. П. считает, что в общественной географии формируется география спорта, и следует различать теоретико-методологические подходы в данном научном направлении. Он подчеркивает, что, несмотря на то, что география спорта в отечественной географической науке только формируется, спорт является важным аспектом общественно-политической жизни людей и значимость исследований в данной области знания носит насущный характер [9; 10].

В нормативно-правовом аспекте развитие спортивной инфраструктуры регулируется рядом документов, включая Постановление Правительства Российской Федерации от 06.09.2021 г. № 1501. Данный нормативный акт вводит понятие «объекты спорта» и устанавливает их классификацию по видам деятельности. Однако он не учитывает современные тенденции в строительстве многофункциональных спортивных комплексов, а также необходимость цифрового управления инфраструктурой. Квашук П. В., Семаева Г. Н. и Николаева И. Н. отмечает, что современные спортивные объекты должны не только соответствовать требованиям физического развития населения, но и интегрироваться в цифровую среду, обеспечивая возможность дистанционного управления расписанием, бронированием площадок и мониторингом загруженности. Введение единой цифровой платформы для управления спортивными объектами могло бы значительно повысить их доступность и эффективность использования [5].

Итак, понятие спортивной инфраструктуры в российской научной и нормативной среде остается предметом дискуссий. Одни исследователи акцентируют внимание на территориальном факторе, подчеркивая необходимость равномерного распределения объектов, другие делают упор на многофункциональность и коммерческую составляющую спортивных сооружений. На наш взгляд, наиболее перспективным является комплексный подход, сочетающий территориальную доступность, технологическую модернизацию и гибкость использования объектов.

Развитие спортивной инфраструктуры в России определяется следующими факторами:

– географическими особенностями;

– экономическими возможностями регионов;

– государственной политикой в области спорта и физической культуры;

– уровнем социальной вовлеченности населения.

Несмотря на масштабные инвестиции и государственные программы, направленные на улучшение спортивной инфра-

структуры, этот процесс сталкивается с рядом проблем, включая территориальные диспропорции, неравномерность финансирования, нехватку кадрового обеспечения и изношенность существующих объектов.

Одной из главных проблем российской спортивной инфраструктуры является значительная разница в обеспеченности населения спортивными сооружениями в зависимости от региона. Согласно данным Министерства спорта РФ, обеспеченность спортивными объектами в Центральном федеральном округе составляет 80 %, тогда как в регионах Сибири и Дальнего Востока этот показатель не превышает 40-50 %, в Москве и Санкт-Петербурге построены крупные спортивные комплексы, соответствующие международным стандартам: «Лужники», «Газпром Арена», «ВТБ Арена – Центральный стадион "Динамо"» [12]. В перечисленных городах активно развиваются коммерческие спортивные объекты – фитнес-центры, бассейны, теннисные корты, доступные для широкой аудитории. Однако в большинстве малых городов и сельской местности спортивная инфраструктура представлена в основном школьными спортзалами, дворовыми площадками и физкультурно-оздоровительными комплексами (ФОКами), многие из которых требуют реконструкции.

Исследования Е. Г. Лиманской, Ю. Д. Овчинникова, А. И. Величко показывают, что нехватка спортивных объектов особенно остра в отдаленных регионах, где население ограничено в возможностях заниматься спортом из-за удаленности сооружений, отсутствия качественных дорог и общественного транспорта. Например, в Магаданской области большое количество населенных пунктов вообще не имеют крытых спортивных комплексов, что особенно критично в условиях сурового климата [6].

Решением этой проблемы может стать развитие мобильных и быстровозводимых спортивных объектов. Например, в Архангельской области реализуется проект строительства быстровозводимых спортивных модулей, которые адаптированы к суровым климатическим условиям и позволяют проводить занятия круглый год [7].

Согласно официальным данным, более 30 % спортивных сооружений в России находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют капитального ремонта или реконструкции. В ряде регионах еще выше. Например, в Курганской области и Приморском крае до 50 % объектов требуют модернизации [12].

Исследования Л. П. Маловой подтверждают, что устаревшие спортивные объекты, не отвечающие современным стандартам безопасности и комфорта, становятся серьезным барьером для вовлечения населения в занятия спортом. В частности, отсутствие раздевалок, душевых, качественного освещения и отопления снижает привлекательность спортивных объектов для населения [13].

Примером успешного обновления инфраструктуры является программа капитального ремонта бассейнов и ледовых арен в Татарстане, где за последние 5 лет было реконструировано более 70 спортивных объектов, что позволило увеличить их посещаемость на 35 % [12].

Развитие спортивной инфраструктуры требует значительных финансовых вложений, которые идут из трех основных источников:

– государственный бюджет (федеральный и региональный) – средства направляются в основном на массовый спорт и поддержку детских спортивных школ;

– муниципальные бюджеты – финансируют небольшие проекты: реконструкция школьных спортзалов и дворовых площадок;

– частные инвестиции и государственно-частное партнерство (ГЧП) – реализуются преимущественно в крупных городах и в сфере коммерческого спорта.

На сегодняшний день механизм ГЧП остается недостаточно развитым. Хотя существуют успешные примеры, например, строительство многофункциональных спортивных центров в Москве и Санкт-Петербурге при участии бизнеса, в регионах частные инвесторы неохотно вкладываются в спортивную инфраструктуру из-за низкой рентабельности таких объектов.

По мнению Е. В. Беликовой, основными сдерживающими развитие частных инвестиций в спорт являются:

– высокие затраты на содержание объектов (особенно в регионах с холодным климатом);

– недостаточные меры господдержки (отсутствие налоговых льгот и субсидий);

– ограниченная платежеспособность населения, что делает окупаемость спортивных объектов долгосрочной [3].

В 2021 г. стартовала федеральная программа по реконструкции школьных спортзалов, в рамках которой до 2024 г. планировалось обновить не менее 3 000 школьных спортивных объектов [12]. Однако, по мнению Вишняковой О. Н., этих мер недостаточно: во многих регионах отсутствуют крытые спортивные комплексы при школах, а оснащение спортивным инвентарем остается на низком уровне. [4]

Пример успешного развития школьной спортивной инфраструктуры можно видеть в Москве, где с 2018 г. реализуется программа «Школьный спорт», в рамках которой при крупных учебных заведениях строятся современные физкультурно-оздоровительные комплексы. Благодаря этому доля учащихся, занимающихся спортом вне уроков физкультуры, выросла на 20 % [12].

География спортивной инфраструктуры в России характеризуется значительными региональными различиями, обусловленными демографическими, экономическими и климатическими факторами. В последние годы наблюдается активное развитие спортивных объектов, однако их распределение по территории страны остается неравномерным.

По состоянию на 2024 г. в России функционирует около 350 000 спортивных сооружений. В 2023 г. в России было введено в эксплуатацию 72 спортивных объекта, а до конца года планировалось завершить строительство еще 86, включая шесть по поручению президента. В 2024 г. продолжалась реализация проектов по строительству 85 объектов спорта в рамках федерального проекта «Спорт – норма жизни» [11].

Уровень обеспеченности граждан спортивными сооружениями к концу первого полугодия 2024 г. достиг 64,5 %, тогда как два года назад этот показатель составлял 61 %. Однако между регионами существуют существенные различия. Например, наиболее высокий уровень вовлеченности населения в занятия спортом отмечается в Сахалинской области (67,1 %), Тамбовской области (65,7 %) и Краснодарском крае (64,9 %) [11].

За последние три года на развитие спортивной отрасли в России было выделено более 3 трлн руб. В 2023 г. финансирование составило 65,2 млрд руб., в 2024 г. – 59,3 млрд руб., а в 2025 г. запланировано 48,7 млрд руб. Снижение бюджетных ассигнований связано с отменой крупных международных соревнований и завершением ряда инвестиционных проектов [13].

Популярность занятий спортом и количество россиян, систематически занимающихся спортом, продолжает расти. В 2023 г. этот показатель достиг 75,729 млн. человек, увеличившись на 5,9 млн по сравнению с 2022 г. Самыми популярными видами спорта являются футбол (3,408 млн занимающихся), плавание (2,764 млн) и волейбол (2,537 млн) [17].

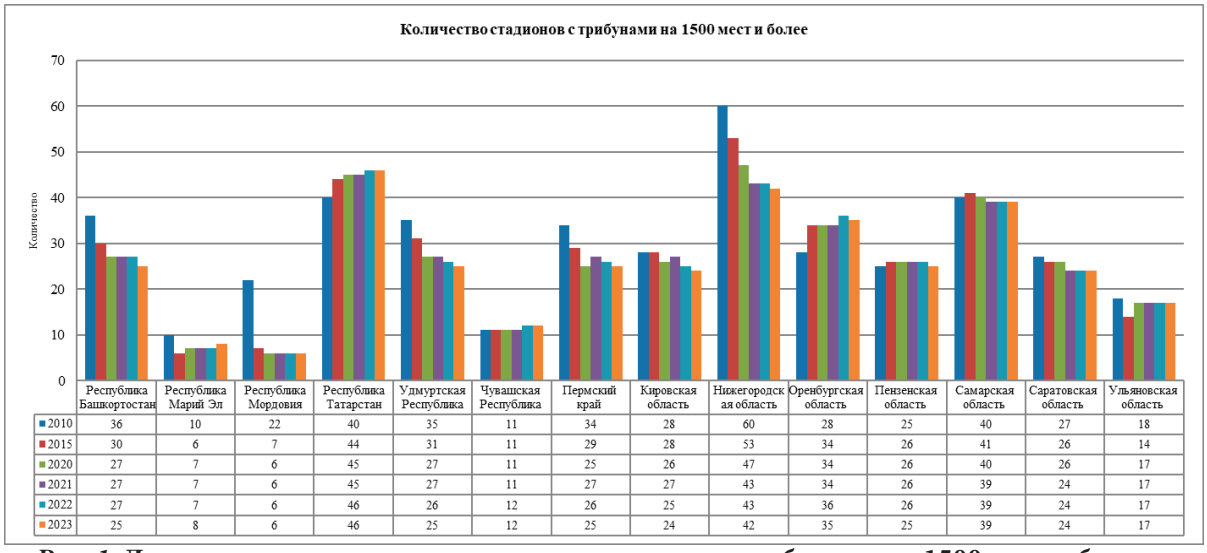
Рассмотрим развитие спортивной инфраструктуры в динамике с 2010 г. на примере регионов ПФО, где проходили игры чемпионата Мира 2018 г. по футболу.

Как видно из рисунка 1, практически во всех субъектах ПФО происходит уменьшение стадионов с трибунами на 1500 мест и более, наибольшее сокращение наблюдается в Республике Мордовия. И только в Республике Татарстан происходит их увеличение с 2010 по 2023 г. В Оренбургской области прослеживается их увеличение с 2010 по 2022 г. и далее незначительный спад, что также характеризует этот регион как успешно развивающий данный вид спортивной инфраструктуры. В связи с проведением крупномасштабных спортивных мероприятий в Российской Федерации наметилась тенденция строительства крупных спортивных сооружений в ряде региональных столиц и количество таких инфраструктурных объектов в самих регионах снизилось, перейдя в качество.

Рисунок 2 наглядно отображает динамику изменения количества плоскостных спортивных сооружений (площадки и поля) в ПФО, к которым относятся, в том числе, различные спортивные площадки. С 2010 г. наблюдается активный рост данных спортивных сооружений в Республике Башкортостан, которая является лидером по числу плоскостных спортивных площадок в ПФО. А вот в Республике Татарстан произошло значительное снижение после 2015 г. таких спортивных сооружений. Подобная картина, хоть и не со столь значительными изменениями, характерна и для Ульяновской области и Республики Мордовия. В Республиках

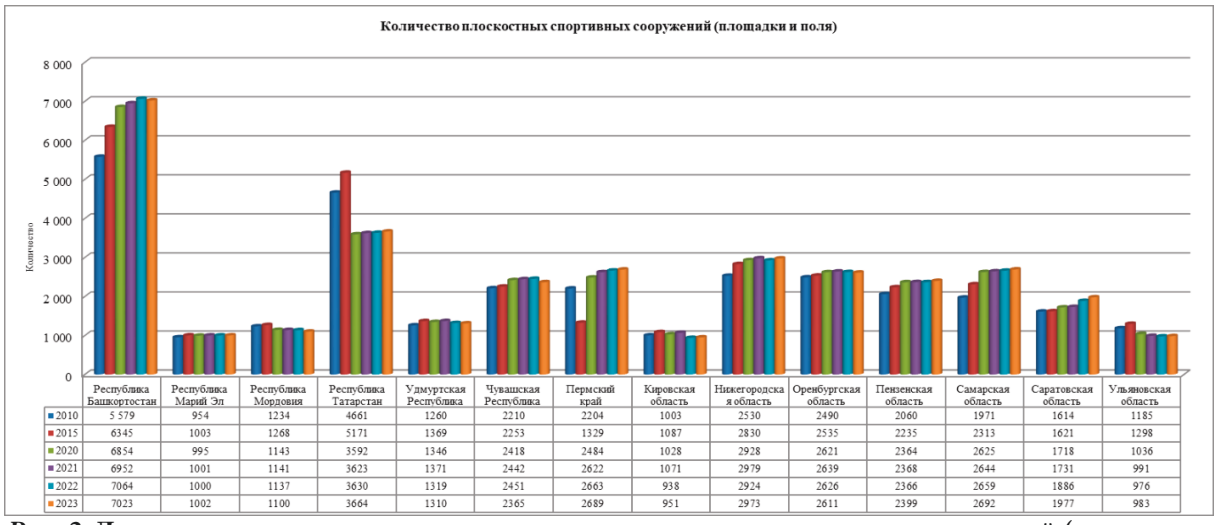
Марий Эл и Чувашской, в Нижегородской, Оренбургской, Самарской и Саратовской областях наблюдается хоть и незначительный, но все же рост плоскостных сооружений с небольшими колебаниями в разные интервалы времени.

Рисунки 3 и 4 показывают динамику количественных изменений таких важных показателей в спортивной инфраструктуре, как спортивных залов и плавательных бассейнов. Количество спортивных залов с 2010 по 2015 г. резко сократилось в Республиках Башкортостан и Удмуртской, в Пермском крае и Кировской и Саратовской областях. Однако после 2015 г. во многих вышеперечисленных регионах РФ ситуация выравнивается, и мы видим постепенное увеличение спортивных залов практически во всех субъектах ПФО. Рост количества плавательных бассейнов наблюдается с 2010 г. во всех субъектах ПФО.



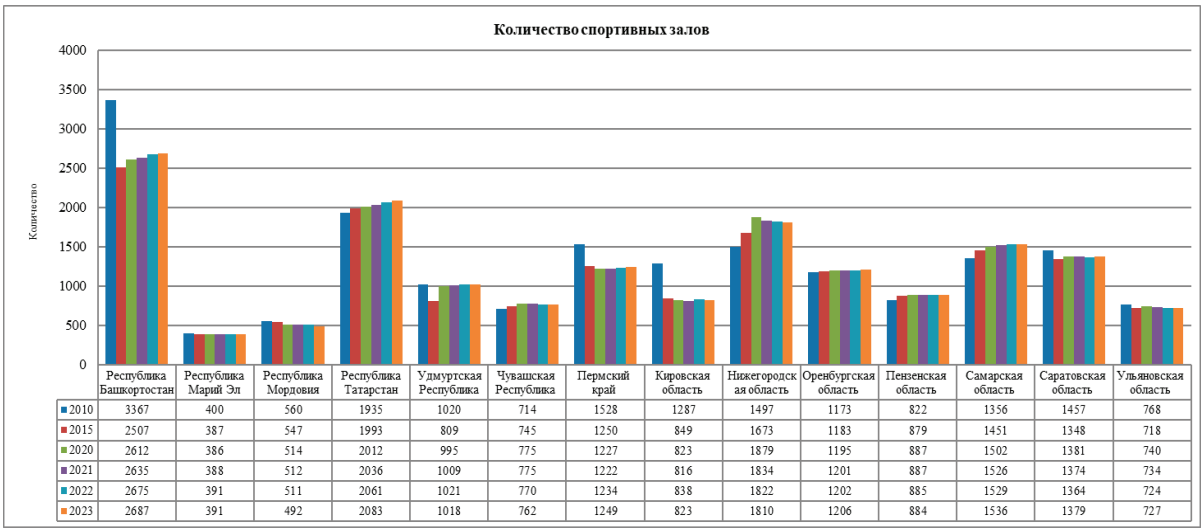
	Республика Башкортостан	Республика Марий Эл	Республика Мордовия	Республика Татарстан	Удмуртская Республика	Чувашская Республика	Пермский край	Кировская область	Нижегородская область	Оренбургская область	Пензенская область	Самарская область	Саратовская область	Ульяновская область
2010	36	10	22	40	35	11	34	28	60	28	25	40	27	18
2015	30	6	7	44	31	11	29	28	53	34	26	41	26	14
2020	27	7	6	45	27	11	25	26	47	34	26	40	26	17
2021	27	7	6	45	27	11	27	27	43	34	26	39	24	17
2022	27	7	6	46	26	12	26	25	43	36	26	39	24	17
2023	25	8	6	46	25	12	25	24	42	35	25	39	24	17

***Рис. 1.* Динамика изменения количества стадионов с трибунами на 1500 мест и более в Приволжском федеральном округе (составлено авторами на основе [18])**
Fig. 1. Dynamics of changes in the number of stadiums with stands for 1,500 seats or more in the Volga Federal District (compiled by the authors based on [18])



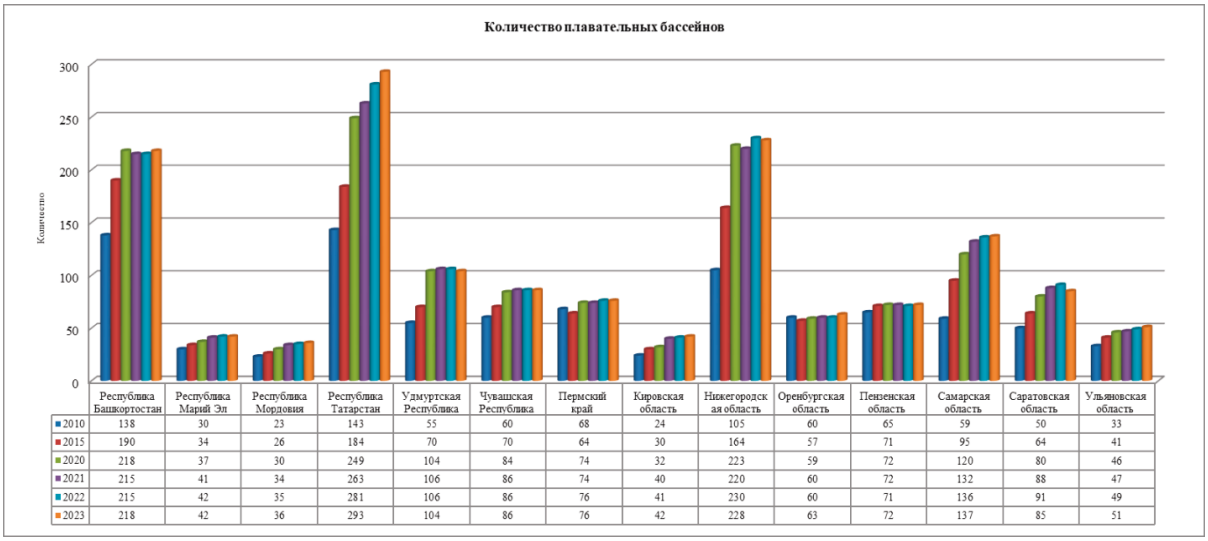
	Республика Башкортостан	Республика Марий Эл	Республика Мордовия	Республика Татарстан	Удмуртская Республика	Чувашская Республика	Пермский край	Кировская область	Нижегородская область	Оренбургская область	Пензенская область	Самарская область	Саратовская область	Ульяновская область
2010	5 579	954	1234	4661	1260	2210	2204	1003	2530	2490	2060	1971	1614	1185
2015	6345	1003	1268	5171	1369	2253	1329	1087	2830	2535	2235	2313	1621	1298
2020	6854	995	1143	3592	1346	2418	2484	1028	2928	2621	2364	2625	1718	1036
2021	6952	1001	1141	3623	1371	2442	2622	1071	2979	2639	2368	2644	1731	991
2022	7064	1000	1137	3630	1319	2451	2663	938	2924	2626	2366	2659	1886	976
2023	7023	1002	1100	3664	1310	2365	2689	951	2973	2611	2399	2692	1977	983

***Рис. 2.* Динамика изменения количества плоскостных спортивных сооружений (площадки и поля) в Приволжском федеральном округе (составлено авторами на основе [18])**
Fig. 2. Dynamics of changes in the number of flat sports facilities (courts and fields) in the Volga Federal District (compiled by the authors based on [18])



	Республика Башкортостан	Республика Марий Эл	Республика Мордовия	Республика Татарстан	Удмуртская Республика	Чувашская Республика	Пермский край	Кировская область	Нижегородская область	Оренбургская область	Пензенская область	Самарская область	Саратовская область	Ульяновская область
2010	3367	400	560	1935	1020	714	1528	1287	1497	1173	822	1356	1457	768
2015	2507	387	547	1993	809	745	1250	849	1673	1183	879	1451	1348	718
2020	2612	386	514	2012	995	775	1227	823	1879	1195	887	1502	1381	740
2021	2635	388	512	2036	1009	775	1222	816	1834	1201	887	1526	1374	734
2022	2675	391	511	2061	1021	770	1234	838	1822	1202	885	1529	1364	724
2023	2687	391	492	2083	1018	762	1249	823	1810	1206	884	1536	1379	727

Рис. 3. **Динамика изменения количества спортивных залов в Приволжском федеральном округе (составлено авторами на основе [18])**
Fig. 3. Dynamics of changes in the number of gyms in the Volga Federal District (compiled by the authors based on [18])



	Республика Башкортостан	Республика Марий Эл	Республика Мордовия	Республика Татарстан	Удмуртская Республика	Чувашская Республика	Пермский край	Кировская область	Нижегородская область	Оренбургская область	Пензенская область	Самарская область	Саратовская область	Ульяновская область
2010	138	30	23	143	55	60	68	24	105	60	65	59	50	33
2015	190	34	26	184	70	70	64	30	164	57	71	95	64	41
2020	218	37	30	249	104	84	74	32	223	59	72	120	80	46
2021	215	41	34	263	106	86	74	40	220	60	72	132	88	47
2022	215	42	35	281	106	86	76	41	230	60	71	136	91	49
2023	218	42	36	293	104	86	76	42	228	63	72	137	85	51

Рис. 4. **Динамика изменения количества плавательных бассейнов в Приволжском федеральном округе [составлено авторами на основе [18]]**
Fig. 4. Dynamics of changes in the number of swimming pools in the Volga Federal District (compiled by the authors based on [18])

Все вышеуказанные положительные изменения во многом связаны с принятием федеральной целевой программы «Развитие физической культуры и спорта в Российской Федерации на 2016-2020 годы», утверждённой постановлением Правительства РФ от 21 января 2015 г. № 30, а также с реализацией Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 г. [1]. Рост доходов в регионах России также определяет потребности в развитии спортивной инфраструктуры для детского и взрослого населения.

Заключение

Спортивная инфраструктура – это неотъемлемый элемент социальной и экономической системы государства, оказывающий непосредственное влияние на уровень физической активности населения, доступность спорта и развитие профессиональных видов деятельности. В Российской Федерации этой сфере уделяется значительное внимание, о чем свидетельствуют государственные программы,

направленные на модернизацию объектов, строительство новых спортивных комплексов и вовлечение граждан в регулярные занятия физической культурой. Однако анализ текущего состояния показывает, что развитие спортивной инфраструктуры сталкивается с рядом серьезных проблем, требующих системного подхода.

Одной из ключевых трудностей остается территориальная диспропорция. В крупных мегаполисах – Москве, Санкт-Петербурге, Казани, Екатеринбурге – сосредоточены современные спортивные комплексы международного уровня. Здесь активно строятся крытые бассейны, ледовые дворцы, стадионы и легкоатлетические манежи. В то же время в малых городах и сельской местности спортивные объекты зачастую отсутствуют или находятся в неудовлетворительном состоянии, что серьезно ограничивает возможности населения для занятий физической культурой.

Второй особенностью является износ существующих объектов. По официальным данным, около 30 % спортивных сооружений в стране нуждаются в капитальном ремонте, а в отдельных регионах данный показатель достигает 50 % [17]. Многие спортивные объекты, построенные еще в советский период, не соответствуют современным требованиям по безопасности, энергоэффективности и комфорту, что снижает их востребованность и экономическую рентабельность.

Финансирование спортивной инфраструктуры остается ключевым фактором, определяющим темпы ее развития. Несмотря на наличие государственных программ, объемы инвестиций часто недостаточны для реализации всех необходимых проектов. Частный капитал привлекается к этой сфере в ограниченном объеме, так как спортивные объекты имеют длительный срок окупаемости и требуют значительных затрат на содержание. В регионах механизм государственно-частного партнерства пока применяется недостаточно широко, что снижает темпы модернизации спортивных сооружений. Для повышения инвестиционной привлекательности спортивных объектов необходимо внедрять механизмы софинансирования, когда государство берет на себя часть затрат на строительство и эксплуатацию объектов, а частные компании получают долгосрочные льготы на их использование.

Отдельного внимания заслуживает состояние школьных спортивных объектов. Немало школ в России не имеют полноценных спортзалов, а в сельской местности занятия физической культуры нередко проводятся в приспособленных помещениях. Отсутствие доступной инфраструктуры в образовательных учреждениях существенно ограничивает вовлечение детей и подростков в регулярные занятия спортом, что в долгосрочной перспективе влияет на уровень физической активности населения в целом.

Несмотря на значительные инвестиции и рост числа спортивных объектов, географическое распределение спортивной инфраструктуры в России остается неравномерным. Необходимо продолжать работу по обеспечению равного доступа к спортивным сооружениям во всех регионах страны, особенно в малых городах и сельской местности, чтобы достичь поставленной цели – вовлечения 70 % населения в систематические занятия спортом к 2030 г.

Таким образом, текущее состояние спортивной инфраструктуры в России характеризуется как противоречивое: с одной стороны, ведется активное строительство новых объектов, реализуются государственные программы по модернизации, увеличивается число доступных спортивных площадок, с другой – сохраняются серьезные проблемы с территориальным неравенством, износом объектов и ограниченным финансированием. Для создания доступной, эффективной и современной системы спортивных сооружений необходим комплексный подход, направленный на ликвидацию существующих проблем и обеспечение устойчивого функционирования инфраструктуры на всей территории страны.

Список источников

1. Об утверждении Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 24.11.2020 № 3081-р // Справочная правовая система КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/law/hotdocs/66040.html / (дата обращения: 28.02.2025).

2. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309 // Информационно-правовой портал Гарант.Ру. URL: http://https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408892634/?ysclid=m92kpjdux0754275844 (дата обращения: 28.02.2025).

3. Беликова Е. В. Социальная инфраструктура физкультурно-спортивных организаций в условиях рынка // Креативная экономика. 2021. Т. 15. № 12. С. 5143-5154.

4. Вишнякова О. Н. Факторы устойчивого развития спортивной инфраструктуры: динамизм взаимодействия и регулируемая самоорганизация // Baikal Research Journal. 2023. № 4. С. 1436-1444. DOI: 10.17150/2411-6262.2023.14(4).1436-1445. EDN: MPXZFK

5. Квашук П. В., Семаева Г. Н., Маслова И. Н. Некоторые аспекты стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации до 2030 года // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. 2021. № 6(196). С. 152-155. DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2021.6.p152-155. EDN: NXWTTT

6. Лиманская Е. Г., Овчинникова Ю. Д., Величко А. И. Инфраструктура массового спорта России // The Scientific Heritage. 2021. № 79-3(79). С. 33-38. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-79-3-33-38. EDN: FBNONQ

7. Иванова Ю. О., Антоненко С. П., Войнова А. А., Гетун Д. О. Современные подходы к управлению объектами спортивной инфраструктуры // Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА. 2021. № 2. С. 92-100. DOI: 10.52210/2224669X_2021_2_92. EDN: OPQYIS

8. Сергеев Е. А. Спортивная инфраструктура как многофункциональный объект притяжения людей // Российские регионы в фокусе перемен: сборник докладов XVI Международной конференции. Т. 1. Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. 2022. С. 100-104. EDN: XESMVR

9. Супрунчук И. П. География спорта как направление в общественной географии // Тенденции пространственного развития современной России и приоритеты его регулирования: материалы Международной научной конференции (XIII

References

1. On approval of the Strategy for the development of physical culture and sports in the Russian Federation for the period up to 2030: Order of the Government of the Russian Federation dated 24.11.2020 No. 3081-p. *Consultant Plus Reference Legal System.* URL: http://www.consultant.ru/law/hotdocs/66040.html/ (accessed 28.02.2025). (In Russ)

2. On the national development aims of the Russian Federation for the period up to 2030: Decree of the President of the Russian Federation dated 07.05.2024 No. 309. *Garant.Ru Information and Legal Portal.* URL: http://https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408892634/?ysclid=m92kpjdux0754275844 (accessed 28.02.2025). (In Russ)

3. Belikova EV. Social infrastructure of physical education and sports organizations in the market conditions. *Kreativnaya Ekonomika.* 2021;15(12):5143-5154. (In Russ)

4. Vishnyakova ON. Factors of sustainable development of sports infrastructure: dynamism of interaction and regulated self-organization. *Baikal Research Journal.* 2023(4):1436-1444. (In Russ). DOI: 10.17150/2411-6262.2023.14(4).1436-1445. EDN: MPXZFK

5. Kvashuk PV, Semaeva GN, Maslova IN. Some aspects of the strategy for the development of physical culture and sports in the Russian Federation until 2030. *Uchenye Zapiski Universiteta Imeni P.F. Lesgafta.* 2021(6(196):152-155. (In Russ). DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2021.6.p152-155. EDN: NXWTTT

6. Limanskaya EG, Ovchinnikov YuD, Velichko AI. Infrastructure of mass sport in Russia. *The Scientific Heritage.* 2021(79-3(79):33-38. (In Russ). DOI: 10.24412/9215-0365-2021-79-3-33-38. EDN: FBNONQ

7. Ivanova YuO, Antonenko SP, Voinova AA, Getun DO. Modern approaches to the management of sports infrastructure facilities. *Vestnik Moskovskogo finansovo-yuridicheskogo universiteta MFYuA.* 2021(2):92-100. (In Russ). DOI: 10.52210/2224669X_2021_2_92. EDN: OPQYIS

8. Sergeev EA. Sports infrastructure as a multifunctional object of attraction for people. *Russian Regions in the Focus of Change: Proceedings of the 16th International Conference. Vol. 1. Yekaterinburg: Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin.* 2022:100-104. (In Russ). EDN: XESMVR

9. Supruncuk IP. Geography of sports as a direction in social Geography. *Trends in the Spatial Development of Modern Russia and Priorities of its Regulation: Proceedings of the International Scien-*

Ежегодная научная Ассамблея АРГО) (Тюмень, 12-17 сентября 2022 г.). Тюмень: ТюмГУ-Press, 2022. С. 606-612. EDN: KGBOYS

10. Супрунчук И. П. География спорта: теоретико-методологические подходы к формированию научного направления // Наука. Инновации. Технологии. 2022. № 1. С. 43-64. DOI: 10.37493/2308-4758.2022.1.3. EDN: OXFMNY

11. Услуги физической культуры и спорта // Росстат: официальный сайт. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/2024/02-02/5GCMFBmk/Sborn_2023/PO_10-2023.xlsx1 (дата обращения 30.03.2025).

12. Статистическая информация // Министерство спорта России: официальный сайт. URL: https://www.minsport.gov.ru/activity/statisticheskaya-informacziya/ (дата обращения: 02.03.2025).

13. Малова Л. П. Звягинцев П. Н, Кокоулина О. П., Татарова С. Ю. Спортивная инфраструктура как фактор вовлеченности граждан в занятия физической культурой и спортом // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. 2020. № 11(189). С. 321-325. DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2020.11.p321-325. EDN: OREGSI

14. Валов С. В., Шевченко В. В., Зубцов Н. А. Использование потенциала объектов спортивной инфраструктуры в развитии школьного спорта // Актуальные вопросы развития школьного спорта: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Екатеринбург, 29 ноября 2021 г.). Екатеринбург: Екатеринбургская академия современного искусства, 2021. С. 16-21. EDN: JTGVFC

15. Фахретдинова А. Б., Вишнякова О. Н., Агеева Г. Ф. Формирование единого цифрового реестра объектов спортивной инфраструктуры Российской Федерации // Экономика и управление в спорте. 2024. Т. 4. №. 2. С. 167-180. DOI: 10.18334/sport.4.2.121194. EDN: RQKYGP

16. О физической культуре и спорте в Российской Федерации: Федеральный закон от 04.12.2007 N 329-ФЗ (ред. от 26.12.2024, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2025) // Справочная правовая система КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_73038/ (дата обращения 02.04.2025).

17. Население, самостоятельно занимающееся физической культурой и спортом // Росстат: официальный сайт. URL: https://rosstat.gov.ru/opendata/7708234640-sport-2021 (дата обращения: 30.03.2025).

18. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024: Статистический сборник. М.: Росстат. 2024. 1081 с.

tific Conference (XIII Annual Scientific Assembly of ARGO), (Tyumen, September 12-17). Tyumen: Tyumen State University-Press, 2022:606-612. (In Russ)

10. Suprunchuk IP. Geography of sports: theoretical and methodological approaches to the formation of a scientific direction. *Science. Innovations. Technologies*. 2022(1):43-64. (In Russ). DOI: 10.37493/2308-4758.2022.1.3. EDN: OXFMNY

11. Physical culture and sports services. *Rosstat: official website*. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/2024/02-02/5GCMFBmk/Sborn_2023/PO_10-2023.xlsx1 (accessed 30.03.2025). (In Russ)

12. Statistical Information. *Ministry of Sports of the Russian Federation: official website*. URL: https://www.minsport.gov.ru/activity/statisticheskaya-informacziya/ (accessed 02.03.2025). (In Russ)

13. Malova LP, Zvyagintsev PN, Kokoulina OP, Tatarova SYu. Sports infrastructure as a factor of citizen involvement in physical culture and sports. *Uchenye Zapiski Universiteta Imeni P.F. Lesgafta.* 2020(11(189):321-325. (In Russ). DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2020.11.p321-325. EDN: OREGSI

14. Valov SV, Shevchenko VV, Zubtsov NA. Using the potential of sports infrastructure facilities in the development of school sports. *Current Issues in the Development of School Sports: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference (Ekaterinburg, November 29, 2021*). Ekaterinburg: Ekaterinburg Academy of Contemporary Art, 2021:16-21. (In Russ). EDN: JTGVFC

15. Fakhretdinova AB, Vishnyakova ON, Ageeva GF. Formation of a unified digital registry of sports infrastructure facilities of the Russian Federation. *Economics and Management in Sports.* 2024;4(2):167-180. (In Russ). DOI: 10.18334/sport.4.2.121194. EDN: RQKYGP

16. On physical culture and sports in the Russian Federation: Federal Law dated 04.12.2007 N 329-FZ (as amended on 26.12.2024, as amended and supplemented, entered into force on 01.03.2025). *Consultant Plus Reference Legal System.* URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_73038/ (accessed 02.04.2025). (In Russ)

17. Population independently engaged in physical education and sports. *Rosstat: official website*. URL: https://rosstat.gov.ru/opendata/7708234640-sport-2021 (accessed 30.03.2025). (In Russ)

18. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2024: Statistical collection. Moscow: Rosstat. 2024:1081. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации

Николаев Илья Алексеевич, магистрант института геоинформационных технологий и географии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, pandos.il@mail.ru, https://orcid.org/0009-0003-1905-4201

Нехаева Наталья Евгеньевна, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры физической и социально-экономической географии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, nne@bk.ru, https://orcid.org/ 0009-0003-6613-7958

Семина Ирина Анатольевна, кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой физической и социально-экономической географии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, isemina@mail.ru, https://orcid.org/ 0009-0003-1905-4201

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Affiliations

Ilya A. Nikolaev, Master's student, Institute of Geoinformation Technologies and Geography, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, pandos.il@mail.ru, https://orcid.org/0009-0003-1905-4201

Natalia E. Nekhaeva, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Physical and Socio-Economic Geography, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, nne@bk.ru, https://orcid.org/ 0009-0003-6613-7958

Irina A. Semina, Ph. D. (Geography), Associate Professor, Head of the Department of Physical and Socio-Economic Geography, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, isemina@mail.ru, https://orcid.org/ 0009-0003-1905-4201

Критерии авторства

Николаев И. А. – обзор литературных источников, анализ, заключение и выводы по работе, написание статьи; Нехаева Н. Е. – методология, постановка цели, подготовка библиографии и перевод, редактирование статьи, корректирование рукописи до подачи в редакцию; Семина И.А.– постановка научной проблемы исследования и определение основных направлений ее решения; структурирование и анализ данных.

Contribution of the authors

Nikolaev I. A. – review of references, analysis and conclusions on the work, writing the paper; Nekhaeva N. E. – methodology, aim setting, references preparation and translation, paper editing, correction before submission to the editorial office; Semina I. A. – statement of the research problem and identification of the main ways to solve it; data structuring and analysis.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.05.2025
Одобрена после рецензирования 20.05.2025
Принята к публикации 23.06.2025

The article was submitted 12.05.2025
Approved after reviewing 20.05.2025
Accepted for publication 23.06.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 625.7+551.3+528.91
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-79-91
EDN: PSLJOW

К проблеме создания цифровых карт участков автомобильных дорог Северного Кавказа, подверженных оползневым и обвально-осыпным процессам

©2025 **Разумов В. В.**✉
Высокогорный геофизический институт
Нальчик, Россия, razumov_vv@mail.ru✉

РЕЗЮМЕ. Целью исследования является оценка реальных перспектив создания цифровых карт участков автомобильных дорог Северного Кавказа, подверженных оползневым и обвально-осыпным процессам. **Методы.** С помощью сравнительно-географического метода исследования проанализированы различные источники, содержащие информацию об использовании в XXI в. геоинформационных технологий (ГИС-технологий) для изучения опасных природных процессов (явлений), развитых на территории России, и как инструмента управления процессами эксплуатации автомобильных дорог. По результатам анализа оценена применимость геоинформационных систем для обеспечения безопасности автодорог, подверженных этим процессам. **Результаты**. Приведены примеры использования ГИС-технологий для разработки цифровых картографических произведений по опасным природным процессам и создания цифровых сервисов автомобильных дорог страны, которые позволяют решать разноплановые задачи по их эксплуатации и безопасности движения. В работе обосновывается необходимость разработки цифровых карт участков автомобильных дорог Северного Кавказа, подверженных оползневым и обвально-осыпным процессам, оцениваются реальные перспективы их создания и описываются основные этапы работ. **Выводы**. Проведенный анализ свидетельствует о несомненной возможности применения ГИС-технологий для обеспечения безопасности автомобильных дорог страны, подверженных опасным природным процессам. В работе представлен алгоритм основных действий по созданию цифровых карт участков автодорог Северного Кавказа, подверженных оползневым и обвально-осыпным процессам.

Ключевые слова: оползневые и обвально-осыпные процессы, автомобильные дороги, геоинформационные технологии, цифровые карты.

Формат цитирования: Разумов В. В. К проблеме создания цифровых карт участков автомобильных дорог Северного Кавказа, подверженных оползневым и обвально-осыпным процессам // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 2. С. 79-91. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-79-91. EDN: PSLJOW

On the Problem of Creating Digital Maps for Highways Sections in the North Caucasus Exposed to Landslide and Rockfall-Scree Processes

©2025 **Viktor V. Razumov**✉
High-Mountain Geophysical Institute
Nalchik, Russia, razumov_vv@mail.ru✉

ABSTRACT. The **aim** of the research is to assess the feasibility for creating digital maps of highways sections in the North Caucasus exposed to landslides and rockfall-scree. **Methods.** Using a comparative geographic method, we analyzed various sources containing information on the use of geographic information technologies (GIS technologies) in the 21st century to study hazardous natural processes (phenomena) de-

veloped in Russia. Based on the analysis it is assessed the applicability of geographic information systems for ensuring the safety of highways exposed to these processes. **Results.** Examples of using GIS technologies to develop digital cartographic products on hazardous natural processes and to create digital services for the country's roads are provided, which make it possible to solve various problems related to their operation and traffic safety. The paper substantiates the need to develop digital maps of highways sections in the North Caucasus exposed to landslides and rockfall-scree, assesses the feasible prospects for their creation, and describes the main stages of the work. **Conclusions.** The analysis demonstrates the clear potential of using GIS technologies to ensure the safety of the country's highways exposed to hazardous natural processes. The paper presents an algorithm for the basic steps to create digital maps of highways sections in the North Caucasus exposed to landslides and rockfall-scree processes.

Keywords: landslides and rockfall-scree processes, highways, geoinformation technologies, digital maps.

For citation: Razumov VV. On the Problem of Creating Digital Maps for Highways Sections in the North Caucasus Exposed to Landslide and Rockfall-Scree Processes. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(2):79-91 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-79-91. EDN: PSLJOW

Введение

Автомобильные дороги имеют огромное значение в развитии экономической системы хозяйствования и решения социально-экономических проблем в Российской Федерации (РФ). Особую роль автомобильный транспорт играет в горных и предгорных районах, где основной объем перевозок осуществляется по автомобильным дорогам. Качество жизни населения на этих территориях во многом определяется состоянием дорог, которые в процессе эксплуатации подвергаются постоянному воздействию различных опасных природных процессов (явлений), приводящих к появлению критических дефектов в дорожном полотне (деформаций, разрушений) и повреждений дорожной инфраструктуры. Наибольшую опасность на горных дорогах представляют склоновые процессы – снежные лавины, селевые потоки, оползни, обвалы. Так, опасность активизации оползневых и обвально-осыпных процессов на автодорогах заключается в динамическом воздействии движущихся масс горных пород, приводящем к повреждению (разрушению, деформации, заваливанию грунтово-скальными массами) полотна дороги и дорожной инфраструктуры (рис. 1, 2), находящихся на теле или в зоне действия оползневого или обвально-осыпного участка, а иногда и к гибели людей.



Рис. 1. **Оползневая деформация участка автодороги «Чикола – Мацута», Ирафский район, Республика Северная Осетия-Алания, 3 августа 2018 г.**
Фото АО «Севосетингеоэкомониторинг»
Fig. 1. Landslide deformation of the Chikola – Matsuta highway section, Irafsky district, Republic of North Ossetia-Alania, August 3, 2018.
Photo by AO Sevosetingeoekomonitoring



Рис. 2. **Обвал горной породы на 9-м км автодороги «Тлярата – Кардиб» Тляратинского района Республики Дагестан, 7 июля 2022 г.** [1]
Fig. 2. Rock collapse on the 9th km of the Tlyarata – Kardib highway in the Tlyaratinsky District of the Republic of Dagestan, July 7, 2022 [1]

Значимая активизация этих процессов приводит к многоразовому увеличению расходов на строительно-ремонтные работы на автодорогах и необходимости перекрытия проезда, что вызывает большие задержки дорожного движения и приводит к потерям в экономике и социальной сфере в результате ограничения движения транспорта. Обеспечение бесперебойных автомобильных перевозок при поддержании заданного уровня безопасности требует своевременного обнаружения участков дорог с активным проявлением этих процессов и проведения предупредительных и защитных мероприятий для поддержания дорожной инфраструктуры в исправном состоянии.

Северный Кавказ (Северо-Кавказский федеральный округ) является одним из наиболее оползне- и обвалоопасных регионов Российской Федерации. Ежегодно на территории региона происходят сотни значимых оползневых и десятки обвально-осыпных активизаций различного масштаба, представляющих определенную угрозу экономике региона. Так, за 2005-2023 гг. организациями Южного регионального центра ФГБУ «Гидроспецгеология» Министерства природных ресурсов и экологии (Минприроды) РФ было зарегистрировано на территории Северного Кавказа более 6800 значимых оползневых и более 1400 обвально-осыпных активизаций, при этом около 80 % из них были зафиксированы на автомобильных дорогах региона [2; 3], многие из которых имеют федеральное и региональное значение. Проведенные нами исследования [3-7] показали, что только за 2010-2023 гг. протяженность около четырех тысяч участков автомобильных дорог Северного Кавказа, испытавших воздействие оползневых и обвально-осыпных процессов, составила 141,646 км (в среднем 10,1 км ежегодно), в том числе 68,902 км дорог с твердым покрытием и 72,744 км – без покрытия. От оползневых активизаций в регионе пострадало 91,967 км дорог (в среднем 6,6 км ежегодно), а от обвально-осыпных – 49,679 км (в среднем, 3,5 км ежегодно) (табл.).

Таблица. **Протяженность автомобильных дорог общего пользования на Северном Кавказе, испытавших воздействие оползневых / обвально-осыпных процессов за 2010-2023 гг.**

Table. The length of highways in the North Caucasus affected by landslide / rockfall-scree processes in 2010-2023

Годы Years	**Протяженность автомобильных дорог, испытавших воздействие оползневых / обвально-осыпных процессов (по субъектам РФ), км** The length of highways affected by landslide/ of rockfall-scree processes (by subjects of the Russian Federation), km							**Всего по Северному Кавказу** Total for the North Caucasus
	Республика Дагестан Republic of Dagestan	**Республика Ингушетия** Republic of Ingushetia	**Кабардино-Балкарская Республика** Kabardino-Balkarian Republic	**Карачаево-Черкесская Республика** Karachay-Cherkess Republic	**Республика Северная Осетия-Алания** Republic of North Ossetia-Alania	**Чеченская Республика** Chechen Republic	**Ставропольский край** Stavropol Region	
2010	5,035/0,935	0,823/0,125	0,720/0,070	0,640/0,270	0,610/0,940	0,155/-	0,940/-	8,923/2,340
2011	1,030/0,290	0,260/0,090	0,800/0,108	0,640/0,250	1,170/1,650	1,085/-	0,170/-	5,155/2,388
2012	0,060/0,600	0,383/0,090	1,350/0,204	0,700/0,250	0,510/2,640	0,220/0,180	0,210/-	3,433/3,964
2013	2,960/0,275	0,920/0,210	1,580/0,070	0,740/0,250	0,300/0,580	0,060/0,010	0,070/-	6,630/1,395
2014	3,990/2,920	0,149/0,065	2,870/0,480	0,930/0,202	0,520/1,625	0,668/0,210	0,890/-	10,017/5,502
2015	2,170/0,435	0,126/0,090	0,990/-	0,780/0,260	0,830/2,660	0,461/-	0,450/-	5,807/3,445
2016	1,110/2,290	0,524/0,044	1,390/0,080	0,940/0,055	2,080/1,827	12,532/0,654	0,780/-	19,356/4,950
2017	0,940/0,940	0,417/0,170	0,440/0,050	0,930/0,075	0,570/2,120	9,002/0,542	1,040/-	13,339/3,897
2018	1,365/1,608	0,086/0,040	0,720/0,050	0,310/0,210	1,150/1,232	1,057/-	0,270/-	4,958/3,140
2019	0,865/0,532	0,063/0,005	0,610/0,060	0,110/-	1,470/0,860	0,351/0,18	0,170/-	3,639/1,637
2020	0,705/0,540	0,136/0,010	0,817/0,020	0,015/-	0,550/2,450	0,736/0,040	0,160/-	3,119/3,060
2021	0,818/0,703	0,108/-	0,228/0,060	0,017/-	0,420/4,270	0,261/0,032	0,338/-	2,190/5,065
2022	0,408/0,863	0,060/-	0,790/0,150	0,014/-	0,435/3,765	0,766/-	0,172/-	2,645/4,778
2023	0,699/0,883	0,228/-	0,645/0,015	0,050/-	0,400/3,220	0,414/-	0,320/-	2,756/4,118
Итого	22,155/13,814	4,283/0,939	13,950/1,417	6,816/1,822	11,015/29,839	27,768/1,848	5,980/-	91,967/49,679

Первым и наиболее важным способом обеспечения защиты автомобильных дорог Северо-Кавказского региона от изучаемых склоновых процессов является осведомленность о масштабах их распространения, активности, опасности и риске проявления в тех районах, где проходят автодороги, или где предполагается их проложить. В настоящее время дорожные учреждения и управления (службы), заинтересованные ведомства и организации субъектов РФ (в пределах региона) не имеют полной и достоверной картографической информации о возможных местах (участках) на дорогах, где возможна активизация этих склоновых процессов, которая может привести (или ранее привела) к аварийным и (или) чрезвычайным ситуациям (ЧС). Также отсутствуют данные о степени активности и опасности таких оползневых и обвально-осыпных участков, частоте (случаев / год) значимого их проявления (с ущербом) на конкретных отрезках дорог, вызванных ими неблагоприятных социально-экономических последствиях. В настоящее время нет возможности предсказать точное время и место активизации этих процессов из-за их многофакторности и разнородности, не разработаны мероприятия по снижению риска в случае их катастрофического проявления, не определена надежность и рентабельность осуществления таких мероприятий на том или ином участке дороги и др.

Очевидная потребность в систематизации и обобщении всех имеющихся сведений об оползневой и обвально-осыпной деятельности на автомобильных дорогах Северного Кавказа, возрастающие запросы различных дорожных служб и управлений, а также министерств, ведомств, заинтересованных организаций, коммерческих структур региона и участников дорожного движения по улучшению обеспеченности сведениями о возможности образования на дорогах аварийных и (или) чрезвычайных ситуаций, обусловленных изучаемыми процессами, диктуют необходимость создания, с применением геоинформационных технологий (ГИС-технологий), цифровых карт участков автомобильных дорог Северного Кавказа, подверженных оползневым и обвально-осыпным процессам, с последующей разработкой картографических сервисов (приложений) для мобильных устройств.

Цель исследования – оценить реальные перспективы создания цифровых карт участков автомобильных дорог Северного Кавказа, подверженных оползневым и обвально-осыпным процессам.

Основными задачами, решаемыми в данной работе, являются:

– проведение обзорного анализа существующих наиболее значимых цифровых картографических приложений (произведений), созданных для изучения и картирования опасных природных процессов (явлений) на отдельных территориях России и применения ГИС-технологий как инструмента для управления процессами эксплуатации автодорог страны;

– оценка информационных и технологических возможностей создания цифровых карт участков автомобильных дорог Северного Кавказа, подверженных изучаемым склоновым процессам и разработка оптимального алгоритма действий по их поэтапной разработке.

Материалы и методы исследований

Методология исследования основана на обзорном анализе различных источников, содержащих информацию о применении в XXI в. ГИС-технологий для изучения опасных природных процессов, развитых на различных территориях России, и как инструмента управления процессами эксплуатации автомобильных дорог страны. В процессе исследования были оценены возможности применения ГИС-технологий для создания цифровых карт участков автомобильных дорог Северного Кавказа, подверженных оползневым и обвально-осыпным процессам.

Результаты и их обсуждение

На сегодняшний день массовое использование электронных картографических данных в различных прикладных областях уже никого не удивляет. Примеров использования ГИС-технологий и веб-порталов в различных сферах нашей жизни известно уже довольно много. Приведем небольшой обзорный анализ наиболее значимых цифровых картографических приложений (произведений), созданных по тематике нашего исследования.

Первые исследования в области геоинформационных технологий в СССР были начаты еще в 80-е гг. XX в. Однако использование ГИС-технологий для картографирования опасных природных про-

цессов отдельных территорий России получило развитие лишь в конце XX в.

На Северном Кавказе одними из первых активных пользователей ГИС-технологий при создании цифровых карт опасных природных процессов в составе атласов природных и техногенных опасностей для территории субъекта РФ стали ученые ФГБУ «Высокогорный геофизический институт» Росгидромета. В 2000 г. на основе ГИС-технологий ими был разработан и опубликован «Атлас природных опасностей и стихийных бедствий Кабардино-Балкарской Республики» [8]. В 2005 г. этой же группой ученых, в составе научно-производственной компании «Интеллект-С», был создан «Атлас природно-техногенных опасностей Кабардино-Балкарской Республики» [9]. Для создания серии электронных версий карт в этих атласах использовалась геоинформационная система Sinteks/Tri версии 2.2. В то время эти комплексные тематические произведения с цифровыми картами (М 1:25 000-200 000) природных и техногенных опасностей на территорию субъекта РФ не имели аналогов ни в России, ни за рубежом. Намного позже, при содействии Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС РФ), были созданы атласы с цифровыми картами природных и техногенных опасностей в Смоленской области, в Башкортостане, на Урале, в Сибирском регионе и др. В 2016 г. в Пермском государственном университете был создан региональный электронный «Атлас опасных гидрометеорологических явлений Уральского Прикамья» [10], где была представлена пространственная характеристика различных видов опасных гидрометеорологических явлений, наблюдающихся на территории Уральского Прикамья. В этом же году был разработан электронный «Атлас опасных природных явлений Алтайского края» [11]. В 2019 г. Главным управлением МЧС России по Ставропольскому краю был разработан и введен в эксплуатацию «Атлас природных и техногенных рисков Ставрополья «Атлас. 26» [12]. Этот современный цифровой продукт по информированию населения работает как интернет-портал.

В 2019-2020 гг. в МЧС России была предпринята попытка создания интерактивного «Атласа природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Российской Федерации». К 2020 г. специалистами информационно-аналитического центра МЧС РФ были разработаны шесть приложений этого интерактивного Атласа, которые можно было бесплатно скачать в онлайн-магазинах Google Play, App Store (опытную эксплуатацию информационная система «Атлас опасностей и рисков» прошла в 2021 г.) [13]. С помощью этих приложений потребителю предлагалось найти информацию о действиях при чрезвычайной ситуации, определить свою геолокацию, вызвать службу спасения, а также оперативно перейти на страницу официального интернет-портала МЧС РФ и интерактивно пообщаться с операторами. В 2020 г. географы Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова завершили работу над созданием электронного «Атласа абразионной и ледово-экзарационной опасности прибрежно-шельфовой зоны Российской Арктики» [14]. Атлас включает в себя серию обзорных и региональных карт, аналитических и фотоматериалов, наглядно иллюстрирующих распространение процессов абразии и ледовой экзарации. В 2022 г. Союзом изыскателей России была разработана геоинформационная система «Атлас распространения опасных процессов, многолетнемерзлых и специфических грунтов на территории Российской Федерации» [15], которая позволяет определить наличие или отсутствие опасных процессов (селей, оползней, суффозии, карста), многолетнемерзлых грунтов, специфических грунтов (органических, просадочных, засоленных) на любой территории России.

С начала широкого внедрения в России ГИС-технологий в отдельных научных организациях страны начали создавать цифровые карты по отдельным опасным природным процессам. Так, в ФГБУ «Высокогорный геофизический институт» в 2001 г. были созданы цифровые карты опасности и риска проявления лавин и селей в составе опубликованных Кадастров лавинно-селевой опасности Кабардино-Балкарской Республики (М 1:25 000-200 000) и Северного Кавказа (М 1:25 000-1 000 000). В 2005 г. в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского» была разработана электронная версия кар-

ты геологических опасностей России (М 1:5 000 000) [16]. В 2012 г. на географическом факультете МГУ была создана электронная версия карты селевых бассейнов Северного Кавказа (М 1:200 000) [17]. В 2016 г. сотрудниками ФГБУ «Высокогорный геофизический институт» был разработан, а затем и издан «Кадастр селевой опасности юга европейской части России» (М 1:200 000-1 000 000) [18]. Набор геоинформационных слоев для разработки карт кадастра был создан с помощью программы ArcGIS 10.1. В 2018-2019 гг. с помощью ГИС-технологий была создана карта основных оползневых участков на территории г. Саратова и разработана база данных по оползням города. В 2021 г. сотрудниками Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта была создана интерактивная карта активных оползневых участков и зон проседания грунтов для Центрального и Адлерского районов Большого Сочи по данным радарной интерферометрии. В открытом доступе на разные территории страны имеются и другие цифровые карты по опасным природным процессам и явлениям.

В настоящее время наиболее полная мониторинговая информация о распространении и ежегодной активизации опасных экзогенных процессов, развитых на территории федеральных округов Российской Федерации, отражается на ежеквартальных интерактивных картах этих процессов, разработанных в ФГБУ «Гидроспецгеология». Созданное специалистами этого геологического предприятия веб-приложение обеспечивает организованный сбор информационной продукции, подготовленной федеральным, региональными и территориальными центрами государственного мониторинга состояния недр и позволяет в интерактивном режиме оценить условия развития и активности проявлений опасных экзогенных процессов, а также представить прогноз их развития.

Приведенные примеры довольно широкого использования ГИС-технологий для изучения и картирования опасных природных процессов на территории России и отдельных ее регионов показывают их несомненную применимость и для обеспечения безопасности автомобильных дорог страны, подверженных этим процессам.

Применение ГИС-технологий как инструмента управления состоянием автомобильных дорог обсуждается уже давно и имеет множество примеров практической реализации. В настоящее время основным единым отраслевым банком дорожных данных, содержащим информацию об автодорогах общего пользования федерального значения, является автоматизированный банк дорожных данных (АБДД) «Дорога». Система была разработана в Федеральном автономном учреждении (ФАУ) «Российский дорожный научно-исследовательский институт («РОСДОРНИИ») в 1990-е гг., а в дальнейшем многократно дорабатывалась. За свою более чем 30-летнюю историю банк данных стал основным хранилищем дорожных данных по автомобильным дорогам общего пользования федерального значения. Так, например, к 2012 г. банк данных включал в себя информацию о более чем 46 тыс. км федеральных автомобильных дорог по 200 параметрам [19].

В 2015 г. Федеральным дорожным агентством (ФДА) «Росавтодор» была поставлена цель по модернизации существующего АБДД «Дорога» и ревизии нормативно-методического обеспечения процессов сбора, хранения, обработки и предоставления конечным пользователям дорожных данных. Ревизия нормативно-технической базы выполнялась силами ООО «НИПИТИ» (г. Санкт-Петербург) и ООО «ИндорСофт» (г. Томск). В разработке программного обеспечения участвовали ООО «ИндорСофт» (г. Томск) и ООО «Автодор» (г. Санкт-Петербург) [20]. В качестве одной из базовых подсистем в АБДД «Дорога» была внедрена геоинформационная система автомобильных дорог IndorRoad, являвшаяся ранее основой подсистемы ГИС автоматизированной системы управления (АСУ) ФДА «Росавтодор», апробированная на пилотных зонах [9] и предназначенная для учета и паспортизации, управления эксплуатацией и сопровождения всего жизненного цикла автодорог [21; 22]. На основе геопортала IndorGeo компанией «ИндорСофт» было разработано мобильное приложение – АРМ АБДД «Дорога», позволяющее просматривать данные банка на мобильных устройствах. В 2017 г. компанией «ИндорСофт» была сдана в эксплуатацию ГИС автодорог шести южных районов Томской области общей протяженностью более 1600 км. Созданная ГИС содержала актуальные сведения об автодорогах и объек-

тах дорожной инфраструктуры в пределах придорожных полос обследованных дорог. В последующие годы ФДА «Росавтодор» продолжила развитие АБДД «Дорога», части которого были установлены во всех органах управления дорожным хозяйством России, имеющим на своем балансе федеральные автодороги. В банк занесены данные о дорожной одежде, земляном полотне, искусственных сооружениях, геометрических характеристиках дорог, инженерном оборудовании и обустройстве, объектах сервиса, составе и интенсивности движения транспорта, дорожно-транспортных происшествиях и др.

В XXI в. в России предпринимаются попытки создать и другие виды ГИС-систем автодорог, реализующих отображение на электронных картах и веб-приложениях различных видов опасностей и связанных с ними дорожно-транспортных происшествий, аварийных и чрезвычайных ситуаций. Так, в 2015 г. Общероссийский народный фронт (ОНФ) на основе статистических данных, предоставленных Государственной инспекцией безопасности дорожного движения (ГИБДД) РФ и обработанных специалистами интернет-компании «Яндекс», запустил общероссийскую интерактивную карту («Карта жизни») аварийности автомобильных дорог страны. Суть проекта состояла в том, что жители регионов сами отмечают на картах «убитые» дороги своих родных населенных пунктов и заносят координаты на «Яндекс.Карты» всех мест, где происходят наиболее серьезные аварии и пострадали люди. Карта также визуализирует официальную статистику ГИБДД, что делает элементарным поиск аварийно-опасных участков на дорогах. В местах, где произошли ДТП, указаны дата, время и специфика происшествия, а также количество пострадавших или погибших. «Карта жизни» представляет собой не имеющий аналогов сервис для осуществления общественного контроля за качеством дорожного покрытия и аварийностью на дорогах. В пилотном режиме интернет-карта аварийных участков дорог была запущена в 2015 г. в Курганской области. Уже в 2017 г. в интернете появилась карта самых плохих дорог России, созданная активистами ОНФ. На этой карте отмечены и некоторые проблемные трассы Ставрополья и всех республик Северного Кавказа. Так, например, на сегодняшний день активистами регионального отделения ОНФ в Северной Осетии было отмечено 154 проблемных участка на региональной вкладке карты «убитых дорог». В Кабардино-Балкарии активистами ОНФ только за 2023 г. было выявлено 28 участков убитых дорог общей протяженностью более 70 км.

В настоящее время в России разработан целый ряд оригинальных веб-приложений, которые предупреждают о загруженности дорог, потенциально опасных участках и др. Так, обычные смартфоны с навигационными приложениями (например, «Яндекс.Пробки») массово передают в центр управления сведения о передвижении автомобиля и загруженности дорог. Российской компанией «Автонет» создана технология, способная предсказывать вероятность аварий для конкретных участков дорог и конкретных водителей. С 2021 г. существует сервис выявления в России дорог с повышенным риском возникновения ДТП, который позволяет выявить участки повышенного риска, выработать рекомендации по снижению риска аварий, а также своевременно предупредить водителей о повышенной опасности на этих участках в определенных погодных условиях.

В 2023 г. российская компания «Simble» объявила о выпуске нового приложения под названием Simble для iPhone и Android-смартфонов для предупреждения водителей об опасных участках дороги, где часто происходят аварии. Этот бесплатный сервис будет доступен для скачивания из Google Play и App Store, что сделает его удобным для широкой аудитории пользователей смартфонов. Также в 2023 г. Российский союз автостраховщиков (РСА) в рамках сервиса «Оформление европротокола онлайн» запустил «термокарту» территории России, построенную по данным фотофиксации ДТП и отображающую риск попасть в аварию. Эта «термокарта» РСА позволяет установить опасные перекрестки, развязки дорог, участки трасс на основе данных из мобильных приложений для оформления европротокола онлайн, которые содержат в себе пакет данных с координатами места ДТП. Мощным картографическим сервисом для мобильных телефонов является Google Maps, где помимо поиска и отображения обычной карты, пользователи

могут в режиме реального времени следить за насыщенностью движения на дорогах, автоматическим расчетом наиболее оптимального пути проезда на автомобиле и дорожном трафике. На более подробных картах, чем те, что предлагает Mobile GMaps (например, отечественные «Яндекс.Карты»), можно наблюдать за загруженностью автомобильных дорог не только в Москве, но и в некоторых других регионах России.

На Северном Кавказе также ведутся работы по внедрению ГИС-технологий для предупреждения водителей об опасных участках дорог, где часто происходят аварии. В 2018 г. в Федеральном казенном учреждении (ФКУ) Упрдор «Кавказ» на основе отраслевого банка дорожных данных АБДД «Дорога» была создана интерактивная карта сложных участков федеральных дорог Северного Кавказа, которая позволяет автомобилистам с помощью компьютера или смартфона своевременно получать метеоданные, фото в режиме онлайн, информацию об интенсивности движения, узнавать о ремонте и реконструкции дорог или опасных участках. Карта размещена на официальном сайте ФКУ Упрдор «Кавказ» [23] и открыть ее можно с любого компьютера или смартфона. Сервис позволяет получить информацию о состоянии проезда по федеральным дорогам Ставрополья, Кабардино-Балкарии, Карачаево-Черкесии, Северной Осетии и Ингушетии. Дополнением к этой интерактивной карте дорог региона можно считать и созданную в 2022 г. интерактивную топографическую карту Приэльбрусья и республик Северного Кавказа (Карачаево-Черкесии, Кабардино-Балкарии, Северной Осетии – Алании), с помощью которой можно ориентироваться на местности и разрабатывать маршруты. В 2024 г. в Северо-Кавказском федеральном университете начаты работы по созданию цифрового сервиса гидрометеорологических карт Северного Кавказа. Предполагается, что этот цифровой сервис будет способен прогнозировать и отражать на карте участки (в том числе и дорог), подверженные затоплениям и другим неблагоприятным гидрометеорологическим процессам и явлениям на перспективу ближайших 5-10 лет.

Подводя итог проведенного обзорного анализа использования ГИС-технологий для разработки цифровых картографических приложений (произведений) по опасным природным процессам, распространенным на отдельных территориях России, и создания цифровых сервисов (различного назначения) автомобильных дорог страны, можно утверждать, что потенциал для их дальнейшего развития далеко еще не исчерпан.

На Северном Кавказе создание цифровых карт участков дорог, подверженных оползневым и обвально-осыпным процессам, находится на ранней стадии развития, так как отсутствуют: крупно- и среднемасштабные цифровые карты развития этих процессов на отдельные административные территории региона (и, тем более, на отдельные автомагистрали); регулярные обследования дорожными организациями всех значимых оползневых массивов и обвально-осыпных участков на автодорогах и мониторинговый сбор данных об их состоянии со стороны научных и производственных учреждений; необходимая сеть станций и постов наблюдений (в первую очередь на горных автодорогах); четкие механизмы межведомственного взаимодействия, позволяющие оперативно обмениваться данными об активизации склоновых процессов на автодорогах и вызванных ими аварийных и (или) чрезвычайных ситуациях и др. Органы региональных и муниципальных властей практически не имеют единых геоинформационных ресурсов, содержащих полные данные об оползневых массивах и обвально-осыпных участках на подведомственных им автодорогам.

Какие же шаги необходимо предпринять, чтобы создать цифровые картографические сервисы участков автомобильных дорог (федерального, регионального и местного значения) Северо-Кавказского региона, подверженных оползневым и обвально-осыпным процессам? Исходя из предыдущего нашего 30-летнего опыта работ по сбору, обработке и анализу материалов по опасным природным процессам, созданию по ним баз данных, картографированию, оценке опасности и риска их проявления на различных административных территориях страны (населенный пункт, административный район, субъект РФ, федеральный округ, территория всей страны), реализованного нами в различных значимых научно-технических проектах МЧС, Минприроды и Минобрнауки Российской Федерации, а также в многочисленных опубликованных статьях, атласах, кадастрах, монографиях и базах дан-

ных, предлагаем следующий, конечно трудоемкий и финансово-затратный, но наиболее оптимальный и эффективный, на наш взгляд, алгоритм действий по созданию цифровых карт потенциально опасных и активных оползневых массивов и обвально-осыпных участков на автодорогах Северного Кавказа. На основе этих карт в дальнейшем будет разработан картографический сервис (приложение) для мобильных устройств, который можно будет внедрить в геоинформационные системы автомобильных дорог (АБДД «ДОРОГА») России и Северного Кавказа, а также и в другие существующие и разрабатываемые интерактивные картографические системы.

Для достижения указанной цели необходимо последовательно решить ряд основных задач:

– оценить степень автомобильной освоенности отдельных административно-территориальных единиц (административного района, субъекта РФ) Северо-Кавказского региона и провести анализ существующих и проектируемых значимых проектов развития дорожной инфраструктуры на этих территориях;

– оценить физико-географические и социально-экономические особенности изучаемых административно-территориальных единиц региона, определяющих особенности развития на их территории склоновых (оползневых и обвально-осыпных) процессов;

– провести сбор, обработку и анализ существующих информационно-картографических материалов по изучаемым процессам в районах прохождения автодорог (на уровне административных районов и субъектов РФ);

– создать специализированную информационно-картографическую базу данных распространения и проявления изучаемых процессов на территории Северного Кавказа для оценки опасности и риска возможных оползневых и обвально-осыпных катастроф на дорогах региона;

– разработать технологию интерактивного сбора, обработки и актуализации информации о потенциально опасных и активных оползневых массивах и обвально-осыпных участках, расположенных на дорогах изучаемой территории;

– провести инвентаризацию (паспортизацию) потенциально опасных и активных участков склоновых процессов (с указанием их точного местоположения), распространенных на дорогах региона и определить для каждого вида наиболее типичные условия (причины) и состав вероятных сценариев (в том числе и синергетического) их активизации, определить зоны и показатели возможного катастрофического развития;

– составить ежегодно обновляемый реестр (каталог) участков автомобильных дорог федерального, регионального (межмуниципального) и муниципального значения, подверженных изучаемым склоновым процессам с подробным описанием их атрибутивных признаков;

– создать базу данных произошедших случаев активизации склоновых процессов и связанных с ними повреждений (деформаций, разрушений) дорожной инфраструктуры на автомобильной сети региона за последние 15-20 лет;

– создать серию карт (картосхем) с разной масштабной линейкой, в основном масштаба 1:5 000-25 000, отражающих опасность проявления оползневых и обвально-осыпных процессов на дорогах изучаемой административно-территориальной единицы региона (административного района, субъекта РФ);

– разработать систему оценки степени опасности и риска активизации изучаемых склоновых процессов на автодорогах региона, исходя из анализа имеющихся паспортов дорог, информационно-картографических материалов и временных рядов, произошедших на дорогах аварийных и чрезвычайных ситуаций за последние 15-20 лет;

– определить частоту активизации изучаемых склоновых процессов на дорогах региона за последние 15-20 лет и определить для наиболее опасных участков дорог комплекс мероприятий по предотвращению негативного воздействия этих процессов;

– разработать (или подготовить к использованию уже готовые) программные средства, реализующие отображение потенциально опасных и активных оползневых массивов и обвально-осыпных участков на дорогах в виде тематических цифровых карт вышеуказанного масштаба;

– создать геоинформационную (цифровую) основу (с учетом подготовки векторной и растровой топоосновы, данных тематических карт и аэрокосмических снимков) автомобильной сети региона;

– оцифровать все имеющиеся и разрабатываемые тематические картографические материалы по изучаемым склоновым процессам;

– разработать структуру геоинформационно-картографической интерактивной системы анализа и визуализации данных о потенциально опасных и активных оползневых массивах и обвально-осыпных участках дорог, включающую в себя: средства создания и редактирования цифровых карт и планов; обработки данных дистанционного зондирования Земли; выполнения различных измерений и расчетов, операций со слоями, построения 3D-моделей; обработки растровых данных; средства подготовки графических документов в цифровом и печатном виде; инструментальные средства для работы с базами данных и др.

– создать (в качестве одной из базовых подсистем уже существующих ГИС автодорог России, например, используемую в «Росавтодоре» и ФКУ Упрдор «Кавказ») геоинформационно-картографическую интерактивную систему анализа и визуализации данных о потенциально опасных и активных оползневых массивах и обвально-осыпных участках дорог, включающую в себя, в том числе, средства создания и редактирования цифровых карт;

– создать интерактивные (цифровые) карты отдельных автодорог или их сети для разных административно-территориальных образований (административный район, субъект РФ, федеральный округ) Северо-Кавказского региона;

– создать интерактивные инструменты и программы для мобильного интернет-информирования и своевременного оповещения экстренных оперативных служб и соответствующих служб реагирования, а также граждан, организаций и ведомств о местоположении опасных оползневых массивах и обвально-осыпных участках на сети автомобильных дорог, их активности и риске катастрофического проявления;

– разработать требования к системе информирования и оповещения населения о возможных активизациях изучаемых склоновых процессов на дорогах с использованием систем адресного уведомления и общие принципы ее создания;

– разработать картосхемы зон покрытия региональными операторами сотовой связи автодорог изучаемой территории;

– разработать рекомендации по снижению риска возможных аварийных и (или) чрезвычайных ситуаций при эксплуатации участков дорог с активным проявлением изучаемых склоновых процессов, а также методов спасения и эвакуации участников дорожного движения на основе логистики эвакуационных потоков для дорог различного назначения;

– разработать алгоритм информационного взаимодействия федеральных, региональных и муниципальных органов власти, центров мониторинга и прогнозирования, дорожных и экстренных оперативных служб и соответствующих служб реагирования Северо-Кавказского региона при передаче сведений о возможных активизациях изучаемых склоновых процессов на дорогах региона и создать каналы связи для передачи и архивации этой информации;

– разработать общие принципы организации на дорогах региона различных видов мониторинга изучаемых склоновых процессов в районах их наибольшего распространения, с целью оценки состояния и прогноза их неблагоприятного проявления.

Перечень собираемых материалов по автомобильным дорогам, подверженным изучаемым склоновым процессам, требования к формированию пространственной базы данных и ее актуализации, оперативному ее ведению, хранению и техническому сопровождению, а также основные этапы создания цифровых карт достаточно подробно описаны в многочисленных работах [24; 25]. Технология сбора, обработки и анализа информации по опасным склоновым процессам для условий Северного Кавказа также подробно отработана и описана в наших работах. Следует отметить, что представленный нами алгоритм создания цифровых карт потенциально опасных и активных оползневых массивов и обвально-осыпных участков на автодорогах региона не претендует на абсолютную полноту решаемых задач, список которых по мере выполнения может быть расширен. В то же время некоторые задачи из этого списка к настоящему времени для отдельных территорий региона уже отчасти решены. Так, в научно-технических отчетах некоторых организаций и многочисленных опубликованных работах различных ученых имеется достаточно большой массив обработанных и готовых к использованию данных по изу-

чаемым склоновым процессам на дорогах Северного Кавказа. Например, у автора данной статьи, помимо большого количества ранее опубликованных работ (в том числе и баз данных) по тематике и региону исследования, имеются многолетние (с 1991 по 2023 г.) обработанные статистические данные из архивов МЧС РФ, Минприроды РФ (Росгидромет, ФГБУ «Гидроспецгеология») по проявлению склоновых процессов на территории Северо-Кавказского региона, в том числе и послуживших причиной возникновения аварийных и чрезвычайных ситуаций на автодорогах. Количественные показатели частот их возникновения на дорогах региона являются достаточно представительными для создания цифровых карт подверженности автомобильной сети Северного Кавказа изучаемым склоновым процессам.

Заключение

Проведенный обзорный анализ применения в XXI в. геоинформационных систем для изучения опасных природных процессов, развитых на территории России, позволил оценить их широкие возможности для оценки масштабов распространения, опасности и риска проявления этих процессов в различных административно-территориальных образованиях страны. Приведенные примеры успешного использования ГИС-технологий в качестве инструмента управления состоянием автомобильных дорог при решении широкого спектра разноплановых задач при их эксплуатации позволяют говорить об их использовании и для обеспечения безопасности автодорог страны, подверженных опасным природным процессам. В работе обосновывается необходимость и возможность разработки на основе ГИС-технологий цифровых карт участков автомобильных дорог Северного Кавказа, подверженных оползневым и обвально-осыпным процессам. Предложен алгоритм действий поэтапного создания цифровых карт потенциально опасных и активных оползневых массивов и обвально-осыпных участков на автодорогах Северного Кавказа с последующей разработкой картографических сервисов (приложений) для мобильных устройств, которые можно будет внедрить в качестве базовых подсистем в существующие и разрабатываемые интерактивные картографические (геоинформационные) системы автомобильных дорог России и Северо-Кавказского региона.

Список источников

1. Вестник Кавказа. URL.: www.vestikavkaza.ru (дата обращения: 08.07.2025).

2. Разумов В. В., Лиховид А. А., Шаповалов Д. А., Шагин С. И., Разумова Н. В., Богданова Н. Д. Оползневая деятельность на Северном Кавказе в XXI веке. М.: Феория; Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2022. 368 с.

3. Разумов В. В., Богданова Н. Д., Аджиев А. Х., Кондратьева Н. В., Разумова Н. В. Чрезвычайные ситуации (обусловленные оползневыми активизациями), произошедшие на Северном Кавказе за период 1992-2023 гг. // База данных. Заявка № 2024622270 от 31.05.2024 г. Номер регистрации (свидетельства): 2024622535 от 10.06.2024 г.

4. Разумов В. В., Богданова Н. Д., Разумова Н. В., Калов Р. О., Шагин С. И. Активность и опасность оползневых проявлений на автомобильных дорогах Республики Дагестан // ГеоРиск. 2022. Т. 16. № 4. С. 8-23.

5. Разумов В. В., Богданова Н. Д., Разумова Н. В., Кондратьева Н. В., Калов Р. О. Обвально-осыпные процессы на автомобильных дорогах Республики Дагестан // Инженерная геология. 2023. Т. 18. № 1. С. 36-51. DOI: https://doi.org/10.25296/1993-5056-2023-18-1-36-51

References

1. Vestnik Kavkaza. URL: www.vestikavkaza.ru (accessed 08.07.2025). (In Russ)

2. Razumov VV, Likhovid AA, Shapovalov DA, Shagin SI, et al. Landslide activity in the North Caucasus in the 21st century. Moscow: Feoria; Stavropol: North Caucasus Federal University, 2022:368. (In Russ)

3. Razumov VV, Bogdanova ND, Adzhiev AKh, Kondratieva NV, Razumova NV. Emergencies (caused by landslide activations) that occurred in the North Caucasus in 1992-2023. Database. Application No. 2024622270 dated May 31, 2024. Registration number (certificate): 2024622535 dated June 10, 2024. (In Russ)

4. Razumov VV, Bogdanova ND, Razumova NV, Kalov RO, Shagin SI. Activity and danger of landslide manifestations on the roads of the Republic of Dagestan. *GeoRisk.* 2022;16(4):8-23. (In Russ)

5. Razumov VV, Bogdanova ND, Razumova N, Kondratieva NV, Kalov RO. Landslide-talus processes on the roads of the Republic of Dagestan. *Inzhenernaya Geologiya.* 2023;18(1):36-51. (In Russ). DOI: https://doi.org/10.25296/1993-5056-2023-18-1-36-51

6. Razumov VV, Bogdanova ND, Razumova NV, Likhovid AA, Shalnev VA. Highways of the Chechen Republic under the influence of rockslides and

6. Разумов В. В., Богданова Н. Д., Разумова Н. В., Лиховид А. А., Шальнев В. А. Автомобильные дороги Чеченской Республики под воздействием обвально-осыпных процессов // Наука. Инновации. Технологии. 2024. № 3. С. 111-138. DOI: 10.37493/2308-4758.2024.3.6. EDN: BNXHZM

7. Разумов В. В., Залиханов М. Ч., Разумова Н. В., Богданова Н. Д., Шагин С. И. Активность и опасность обвально-осыпных процессов на Транскавказской автомагистрали (Республика Северная Осетия – Алания) в XXI в. // ГеоРиск. 2023. Т. 17. № 2. С. 8-23.

8. Разумов В. В., Перекрест В. В., Кюль Е. В., Стрешнева Н. П., Ульбашев В. Х. и др. Атлас природных опасностей и стихийных бедствий Кабардино-Балкарской Республики. СПб: Гидрометеоиздат, 2000. 66 с. EDN: SGKNKH

9. Мазур И.И., Разумов В. В., Перекрест В. В., Шевченко А. В., Разумова Н. В. и др. Атлас природно-техногенных опасностей Кабардино-Балкарской Республики. М.: Елима, 2005. 244 с. EDN: YMGGLJ

10. Пьянков С. В., Шихов А. Н., Абдуллин Р. К. Атлас опасных гидрометеорологических явлений Уральского Прикамья. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2016. 116 с. EDN: WFNDAL

11. Ротанова И. Н., Харламова Н. Ф., Плехова А. В., Поддубнова Е. А. Картографический проект «Атлас опасных природных явлений Алтайского края» // Международный год карт в России: объединяя пространство и время: сборник тезисов Всероссийской научной конференции (Москва, 25-28 октября 2016 г.). М.: ГФ МГУ, 2016 С. 250-252.

12. Атлас природных и техногенных рисков Ставрополья «Атлас. 26». URL.: http://atlas26.infolan.org/map (дата обращения: 08.07.2025)

13. Атлас опасностей и рисков. URL.: https://atlas.mchs.gov.ru/operational-forecast (дата обращения: 08.07.2025)

14. Огородов С. А., Баранская А. В., Белова Н. Г., Богатова Д. М., Кокин О. В. и др. Атлас абразионной и ледово-экзарационной опасности прибрежно-шельфовой зоны Российской Арктики // Современные исследования трансформации криосферы и вопросы геотехнической безопасности сооружений в Арктике (Салехард, 03-12 ноября 2021 г.): сборник трудов конференции. Салехард, 2021. С. 315-318. DOI: 10.7868/9785604610848085. EDN: FYNYVP

15. Атлас распространения опасных процессов, многолетнемерзлых и специфических грунтов на территории Российской Федерации. URL.: https://np-si.ru/opmap/ (дата обращения: 08.07.2025)

16. Карта опасностей России. Геологический портал GeoKniga. URL.: https://www.geokniga.org/maps/39333 (дата обращения: 08.07.2025)

17. Карта селевых бассейнов Северного Кавскрees processes. *Science. Innovations. Technologies.* 2024(3):111-138. (In Russ). DOI: 10.37493/2308-4758.2024.3.6. EDN: BNXHZM

7. Razumov VV, Zalikhanov MCh, Razumova NV, Bogdanova ND, Shagin SI. Activity and danger of landslide processes on the Transcaucasian Highway (Republic of North Ossetia – Alania) in the 21st century. *GeoRisk*. 2023;17(2):8-23. (In Russ)

8. Razumov VV, Perekrest VV, Kül EV, Streshneva NP, Ulbashev VKh, et al. Atlas of natural hazards and disasters of the Kabardino-Balkarian Republic. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2000:66. (In Russ). EDN: SGKNKH

9. Mazur II, Razumov VV, Perekrest VV, Shevchenko AV, Razumova NV, et al. Atlas of natural and man-made hazards of the Kabardino-Balkarian Republic. Moscow: Elima, 2005:244. (In Russ). EDN: YMGGLJ

10. Pyankov SV, Shikhov AN, Abdullin RK. Atlas of hazardous hydrometeorological phenomena in the Ural Kama Region. Perm: Perm State National Research University, 2016:116. (In Russ). EDN: WFNDAL

11. Rotanova IN, Kharlamova NF, Plekhova AV, Poddubnova EA. Cartographic project “Atlas of hazardous natural phenomena of the Altai Territory”. *International Year of Maps in Russia: Uniting Space and Time: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference (Moscow, October 25-28, 2016).* Moscow: FG MSU, 2016:250-252. (In Russ)

12. Atlas of natural and man-made risks of Stavropol “Atlas. 26”. URL.: http://atlas26.infolan.org/map (accessed 08.07.2025). (In Russ)

13. Atlas of hazards and risks. URL.: https://atlas.mchs.gov.ru/operational-forecast (accessed 08.07.2025). (In Russ)

14. Ogorodov SA, Baranskaya AV, Belova NG, Bogatova DM, Kokin OV, et al. Atlas of abrasion and ice-exaration hazards in the coastal-shelf zone of the Russian Arctic. *Modern Studies of Cryosphere Transformation and Issues of Structures Geotechnical Safety in the Arctic (Salekhard, 03-12 November 2021): Conference Proceedings*. Salekhard, 2021:315-318. (In Russ). DOI: 10.7868/9785604610848085. EDN: FYNYVP

15. Atlas of the distribution of hazardous processes, permafrost and specific soils on the territory of the Russian Federation. URL.: https://np-si.ru/opmap/ (accessed 08.07.2025). (In Russ)

16. Hazard map of Russia. *GeoKniga Geological Portal.* URL.: https://www.geokniga.org/maps/39333 (accessed 08.07.2025). (In Russ)

17. Map of the North Caucasus mudflow basins. URL.: https://www.debrisflow.ru/en/s218/ (accessed 08.07.2025). (In Russ)

каза. URL.: https://www.debrisflow.ru/en/s218/ (дата обращения: 08.07.2025)

18. Кондратьева Н. В., Аджиев А. Х., Беккиев М. Ю., Гедуева (Гяургиева) М. М., Перов В. Ф. и др. Кадастр селевой опасности юга европейской части России. М.; Нальчик: Феория, 2015. 148 с. EDN: VHKUJH

19. Аржанухина С. П., Кочетков А. В., Козин А. С., Стрижевский Д. А. Совершенствование структуры отраслевой диагностики федеральных автомобильных дорог // Интернет-журнал Науковедение. 2012. № 4(13). С. 1-15.

20. Сарычев Д. С., Субботин С. А., Скворцов А. В. Модернизация отраслевого банка дорожных данных АБДД «Дорога» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2017. № 1(8). С. 54-65. DOI: 10.17273/CADGIS.2017.1.8. EDN: ZGVDSB

21. Князюк Е. М., Субботин С. А. ГИС IndorRoad для анализа данных диагностики автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 2(7). С. 54-59. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.2.3. EDN: XPPLLF

22. Субботин С. А., Скачкова А. С. ГИС автомобильных дорог IndorRoad. Новая версия // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 55-59. EDN: RZKNTF

23. ФКУ Упрдор «Кавказ»: официальный сайт. URL.: https://maps.26fkukavkaz.ru/ (дата обращения: 08.07.2025)

24. Блинов Д. С. Создание ГИС дорог на примере опыта компании «ИндорСофт» при создании ГИС дорог Томской области // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2017. № 2(9). С. 49-64. DOI: 10.17273/CADGIS.2017.2.6. EDN: XOSZNZ

25. Геоинформационные системы автомобильных дорог. Порядок сбора, хранения и обновления данных. ОДМ 218.9.008-2019. М.: Росавтодор, 2021. 72 с.

18. Kondratieva NV, Adzhiev AKh, Bekkiev MYu, Gedueva (Gyaurgieva) MM, Perov VF, et al. Mudflow hazard cadastre in the South of European Russia. Moscow; Nalchik: Feoriya, 2015:148. (In Russ). EDN: VHKUJH

19. Arzhanukhina SP, Kochetkov AV, Kozin AS, Strizhevsky DA. Improving the structure of industry diagnostics of federal highways. Internet Journal of Naukovedenie. *Internet-Zhurnal Naukovedenie*. 2012(4(13):1-15. (In Russ)

20. Sarychev DS, Subbotin SA, Skvortsov AV. Modernization of the industry road data bank ABDD “Road”. *SAPR i GIS Avtomobilnyh Dorog*. 2017(1(8):54-65. (In Russ). DOI: 10.17273/CADGIS.2017.1.8. EDN: ZGVDSB

21. Knyazyuk EM, Subbotin SA. GIS IndorRoad for analyzing road diagnostic data. *SAPR i GIS Avtomobilnyh Dorog*. 2016(2(7):54-59. (In Russ). DOI: 10.17273/CADGIS.2016.2.3. EDN: XPPLLF

22. Subbotin SA, Skachkova AS. GIS of highways IndorRoad. New version. *SAPR i GIS Avtomobilnyh Dorog*. 2013(1(1):55-59. (In Russ). EDN: RZKNTF

23. FSI FRA “Kavkaz”: official website. URL.: https://maps.26fkukavkaz.ru/ (accessed 08.07.2025). (In Russ)

24. Blinov DS. Creation of roads GIS based on the experience of IndorSoft in creating roads GIS in the Tomsk Region. *SAPR i GIS Avtomobilnyh Dorog*. 2017(2(9):49-64. (In Russ). DOI: 10.17273/CADGIS.2017.2.6. EDN: XOSZNZ

25. Geographic information systems for highways. Procedure for collecting, storing and updating data. ODM 218.9.008-2019. Moscow: Rosavtodor, 2021:72. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Разумов Виктор Владимирович, доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела стихийных процессов, Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия, razumov_vv@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-8099-6976

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Affiliation

Viktor V. Razumov, Doctor of Science (Geography), Professor, Leading Researcher, Department of Natural Phenomena, High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia, razumov_vv@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-8099-6976

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authos declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.07.2025
Одобрена после рецензирования 17.07.2025
Принята к публикации 30.07.2025

The article was submitted 11.07.2025
Approved after reviewing 17.07.2025
Accepted for publication 30.07.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 911.2:55
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-92-99
EDN: SWAQHC

Некоторые особенности физико-механических свойств ледниковых отложений на территории Мордовии

©2025Рунков С. И.✉, Маскайкин В. Н.
Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва
Саранск, Россия, runckov.s@yandex.ru✉, mordrosgeo@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Целью исследования является анализ ряда физико-механических свойств плейстоценовых гляциальных отложений на территории Мордовии. Изучение природы ледниковых районов, базирующееся на сопряжённом палеогеографическом анализе, позволяет наметить пути для корреляции разногенетических типов новейших отложений, а специфика каждого региона Русской равнины помогает понять главные закономерности развития природных комплексов. При палеогеографических реконструкциях и стратиграфических построениях для каждого генетического типа отложений используется определённый набор наиболее информативных способов сбора информации. **Методы.** В соответствии с поставленной целью авторами использовались следующие методы изучения физико-механических свойств ледниковых отложений: исследование предела текучести, предела раскатывания, числа пластичности, естественной влажности, объёмного веса скелета, пористости и коэффициента пористости. **Результаты.** Показана правомерность использования физико-механических свойств в комплексных палеогеографических исследованиях плейстоценовых ледниковых отложений. **Выводы.** Проведённое исследование показало существующую связь между условиями образования плейстоценовых ледниковых отложений и их физико-механическими свойствами.

Ключевые слова: палеогеографии антропогена, влажность, плотность, пористость, пластичность, прочность, способность к деформации, инженерно-геологические изыскания, моренные грунты, плейстоценовые оледенения, палеогеографические реконструкции.

Формат цитирования: Рунков С. И., Маскайкин В. Н. Некоторые особенности физико-механических свойств ледниковых отложений на территории Мордовии // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 2. С. 92-99. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-92-99. EDN: SWAQHC

Features of the Physico-Mechanical Properties of Glacial Deposits in Mordovia

©2025Sergey I. Runkov✉, Viktor N. Maskaykin
National Research Ogarev Mordovia State University
Saransk, Russia, runckov.s@yandex.ru✉, mordrosgeo@mail.ru

ABSTRACT. The **aim** of the research is to analyze a number of physico-mechanical properties of Pleistocene glacial deposits in Mordovia. Studying the nature of glacial regions based on coupled paleogeographic makes it possible to identify ways to correlate the diverse types of recent sediments, and the specifics of each region in the Russian Plain helps to understand the main patterns of natural complexes development. In paleogeographic reconstructions and stratigraphic constructions, a certain set of the most informative methods for collecting information is used for each genetic type of deposits. **Methods.** In accordance with the stated goal, the authors used the following methods to study the physical and mechanical properties of glacial deposits: yield strength, rolling limit, plasticity number, natural moisture content, bulk density of the skeleton, porosity and porosity coefficient. **Results.** It is shown the validity of using physical and mechanical

properties in complex paleogeographic studies of Pleistocene glacial deposits. The following indicators were studied: yield strength, rolling limit, plasticity index, natural humidity, bulk density of the skeleton, porosity and porosity coefficient. **Conclusions.** The study showed the existing relationship between the conditions of Pleistocene glacial deposits formation and their physical and mechanical properties.

Keywords: anthropogenic paleogeography, humidity, density, porosity, plasticity, strength, deformation capacity, engineering and geological surveys, moraine soils, Pleistocene glaciations, paleogeographic reconstructions.

For citation: Runkov SI, Maskaykin VN. Features of the Physico-Mechanical Properties of Glacial Deposits in Mordovia. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(2):92-99 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-92-99. EDN: SWAQHC

Введение

Повышенный интерес исследователей к палеогеографии антропогена территории Мордовии, расположенной на востоке Окско-Донской равнины и западных склонах Приволжской возвышенности, закономерен. Она находится в периферической зоне материковых оледенений, занимая важную позицию на пути следования древнейших ледниковых потоков. Изучение феномена плейстоценовых оледенений, продолжающееся в течение длительного времени, не привело к решению многих важных вопросов ледниковой теории, а появление новых материалов по Донскому региону в последние годы сопровождается значительным обострением дискуссий и побуждает многих исследователей к пересмотру возраста моренных горизонтов. Это ведет к обоснованию необходимости новых палеогеографических реконструкций и стратиграфических построений [1-3].

Актуальность выбранной темы объясняется тем, что изучение природы ледниковых районов, базирующееся на сопряжённом палеогеографическом анализе, позволяет наметить пути для сопоставления новейших отложений различного генезиса. В то же время, неодинаковая степень изученности плейстоцена затрудняет сопоставление разрезов новейших отложений, сохраняются при этом и традиционные представления о среднеплейстоценовом возрасте морены максимального оледенения в Окско-Донском регионе [4; 5].



Рис. 1. **Карта-схема ледникового комплекса донского времени на территории Мордовии**
Fig. 1. The map diagram of the glacial complex of the Don time in Mordovia

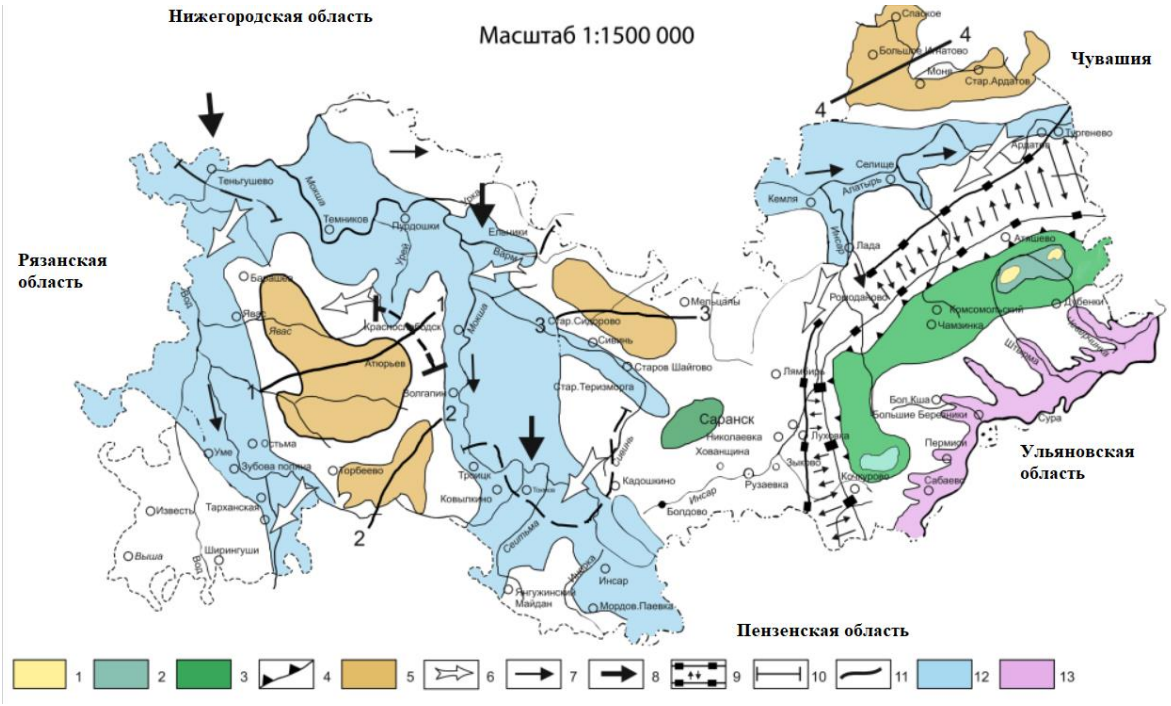


Рис. 2. **Палеогеографическая схема раннего плейстоцена**

1 – наиболее возвышенные массивы доледниковой поверхности выше 300 м абсолютной высоты;
2 – возвышенные участки доледниковой поверхности выше 260-300 м абсолютной высоты;
3 – возвышенные участки доледниковой поверхности выше 220-260 м абсолютной высоты;
4 – острововидная возвышенность;
5 – срединные массивы;
6 – направление движения ледниковых потоков в донское время;
7 – направление потоков талых ледниковых вод;
8 – предполагаемое направление движения окского ледника;
9 – зона наиболее интенсивных осцилляций ледникового края донского оледенения;
10 – фрагменты гипотетической границы окского оледенения;
11 – линии ледоразделов донского оледенения;
12 – ложбины ледникового стока;
13 – долины рек, выполненные преимущественно песчаным аллювием.

Fig. 2. Paleogeographic scheme of the Early Pleistocene

1 is the most elevated massifs of the preglacial surface above 300 m absolute height;
2 is elevated areas of the preglacial surface above 260-300 m absolute height;
3 is elevated areas of the preglacial surface above 220-260 m absolute height;
4 is island-like upland;
5 is median massifs;
6 is direction of glacial flows movement in the Don period;
7 is direction of melt glacial flows of waters;
8 is supposed direction of the Oka glacier movement;
9 is zone of the most intense oscillations of the glacial margin of the Don glaciation;
10 is fragments of the hypothetical boundary of the Oka glaciation;
11 is ice divide lines of the Don glaciation;
12 is troughs of glacial runoff;
13 is river valleys filled mainly with sandy alluvium.

Древние ледниковые потоки проделывали огромный путь от Фенноскандии, Полярного Урала и Новой Земли до центральных районов Русской равнины по различным горным породам, что существенно отразилось на составе ледниковых отложений [6]. На территории Мордовии главнейшими палеогеографическими со-

бытиями в плейстоцене были покровные оледенения и тесно связанные с ними перигляциальные процессы. Отложения ледникового комплекса сохранились в основном в западной и центральной частях Мордовии (рис. 1). Начало времени донского оледенения ознаменовалось постепенным изменением климата в сторону его похолодания вследствие разрастания ледниковых покровов, вероятно, в северо-восточных районах (Северный Урал и Новая Земля), которые и явились, скорее всего, основными источниками первоначального сноса материала.

Донское оледенение привело к перестройке всех природных компонентов, и его можно рассматривать как переломный этап в развитии ландшафтов Мордовии. Влияние оледенения особенно отразилось на составе флоры и фауны, отчасти на геоморфологическом облике территории. Преобладающей была аккумуляция, что запечатлелось в главных чертах строения отложений. Следы экзарационной активности ледника оказались менее заметными, о чем говорит преимущественно согласное залегание осадков в разрезах [6].

Структура донского ледникового покрова определялась как геоморфологическим строением территории, так и мощностью отложений гляциального комплекса. Установлены местные направления движения льда и талых ледниковых вод, в значительной мере контролировавшиеся доледниковым рельефом. Намечены линии ледоразделов донского оледенения (рис. 2).

Окское оледенение распространялось с северо-запада – из Скандинавии, что подтверждается ориентировкой обломков и их минералого-петрографическим составом. Граница окского оледенения в Мордовии устанавливается только на отдельных участках, а пределы его распространения, по-видимому, ограничились бассейном р. Мокши.

Данные реконструкции уточняют и развивают представления о палеогеографических событиях четвертичного периода на территории Мордовии, что позволяет переосмыслить взгляды на проблемы оледенений [7]. Физико-механические свойства отложений – влажность, плотность, пористость, пластичность, прочность, способность к деформации и др. изучаются при палеогеографических исследованиях, инженерно-геологических изысканиях, а также в гидрогеологии, почвоведении, нефтяной геологии. В связи со строительством на обширных площадях различных сооружений – промышленных и гражданских объектов, водохранилищ, дорог накоплен обширный фактический материал по инженерно-геологическим свойствам плейстоценовых отложений.

При палеогеографических реконструкциях и стратиграфических корреляциях для разных генетических типов отложений используется определённый набор наиболее информативных показателей физико-механических свойств, отражающих фациально-генетические особенности отложений и их пространственную и временную изменчивость. Чаще всего используются показатели плотности и пластичности, гранулометрического состава. Реже – прочностные и деформационные свойства.

Моренные грунты, обладая высокой пластичностью, наличием крупнообломочного наполнителя, многокомпонентностью состава разного генезиса, включающего глины, алевриты, пески, гравий, гальку и валуны, представляют несомненный практический интерес для различных организаций Мордовии. Кроме того, относительное постоянство песчано-глинистой составляющей морен позволяет опровергнуть мнение о них, как о беспорядочном осадочном материале [8].

Материалы и методы исследования

Были использованы данные по физико-механическим свойствам ледниковых отложений, содержащиеся в неопубликованных геологических отчетах ОАО «Мордовский институт инженерных изысканий и проектирования». Их анализ проводился по четырём административным районам западной и центральной Мордовии, Атюрьевскому, Инсарскому, Краснослободскому и Торбеевскому, на территории которых данный генетический тип отложении оказался наиболее доступен для полевых исследований. По кернам скважин было приведено описание донской морены, физико-механические свойства окской не анализировались (рис. 3).

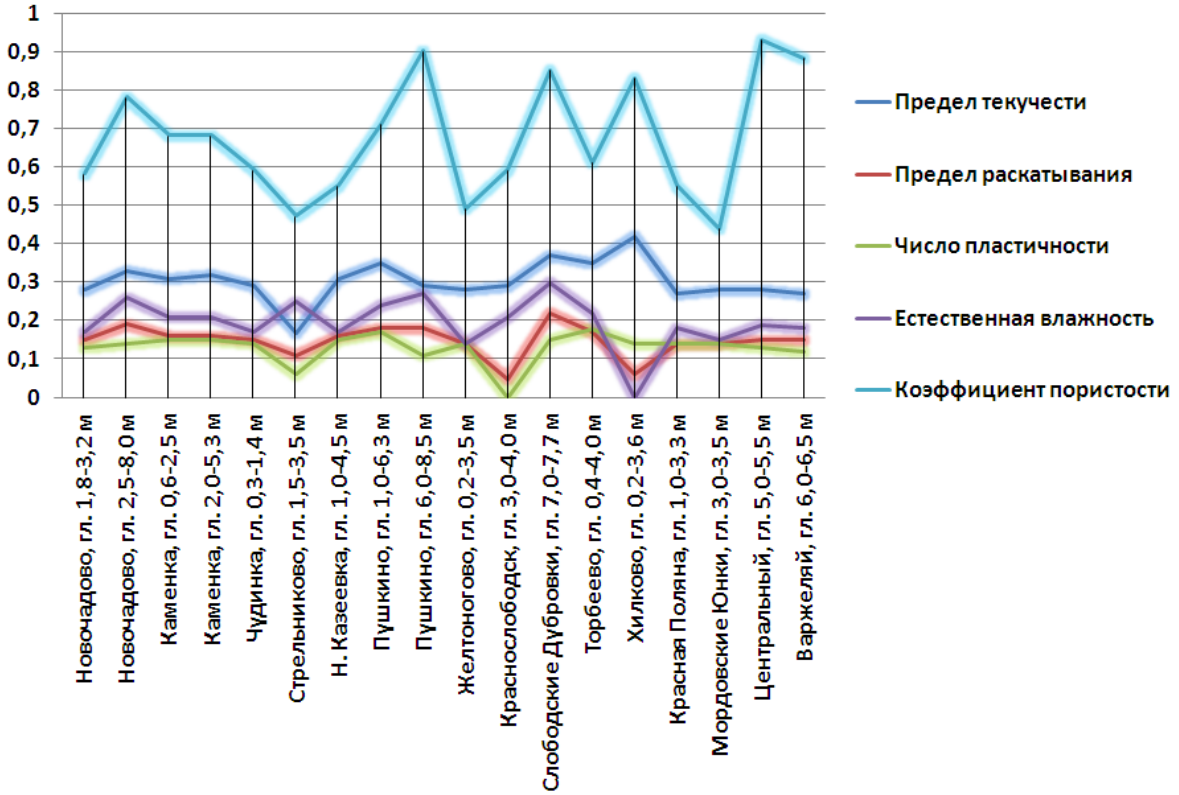


***Рис. 3.* Физико-механические свойства плейстоценовых отложений на территории Мордовии**

Fig. 3. Physico-mechanical properties of Pleistocene deposits in the territory of Mordovia

Результаты и их обсуждение

Высокая плотность моренных суглинков обусловила их малую пористость. Показателем пористости отложений служит коэффициент пористости, который тем больше, чем выше пористость. На территории Мордовии морены характеризуются довольно высокими значениями коэффициентов пористости. Они изменяются по районам: с 0,49 (с. Каменка) до 0,89 (с. Новочадово), в Атюрьевском – с 0,49 (с. Новая Казеевка) до 0,90 (с. Пушкино), в Инсарском – с 0,36 (с. Мордовские Юнки) до 1,00 (п. Торбеево) – в Торбеевском районе и с 0,44 (с. Слободские Дубровки) до 0,93 (с. Мордовские Парки) – в Краснослободском районе. Максимальные и минимальные значения в разных точках отбора оказываются очень близкими. В то же время отмечаются очень существенные вариации внутри толщи, что, по-видимому, связано с неоднородными условиями формирования осадка. Закономерности изменения коэффициентов пористости с глубиной поэтому не всегда чётко уловимы. Эта особенность часто наблюдается в маломощных моренах периферической ледниковой области. Так, в морене у с. Мордовские Юнки на глубине 2 м коэффициент пористости равен 0,36, а на глубине 43 м – 0,7. В то же время в морене у д. Красная Поляна коэффициент пористости в нижней части толщи наоборот уменьшается – с 0,87 до 0,59.

Пространственные значения коэффициента пористости в отложениях одного генетического типа и литологически сходных породах в пределах рассматриваемой территории существенно не меняются и в целом остаются постоянными при условии сравнения грунтов, одинаково удаленных от дневной поверхности и залегающих в близких геоморфологических условиях.

Объёмный вес скелета грунта в целом уменьшается с глубиной. Наиболее отчётливо это проявляется в морене около с. Мордовские Юнки (с 1,98 до 1,55).

Для морен характерна низкая водопроницаемость (влажность). Отмечается значительный пространственный разброс показателей – с 0,11 (с. Красная Поляна, с. Мордовские Юнки) до 0,31 (с. Новочадово). Обычно влажность воз-

растает с глубиной, иногда очень значительно (с. Мордовские Юнки с 0,11 до 0,28), что в существенной степени определяется гидрогеологическими условиями местности.

Представления о том, что физико-механические свойства морен из-за высокой плотности и прочности связей испытывают слабые диагенетические преобразования, не подтверждаются проведенными исследованиями [9]. Моренный комплекс Мордовии, являясь древним образованием, и близко залегая от поверхности, постоянно подвергался интенсивному гипергенному преобразованию, хотя его степень была разной. Это зафиксировалось в повышенном значении коэффициентов вариации как по толще, так и территориально. Такой показатель, как предел текучести может изменяться в верхнем двухметровом слое морены с 0,22 (с. Слободские Дубровки) до 0,42 (с. Хилково), а предел раскатывания – 0,11 (с. Слободские Дубровки) до 0,19 (Пушкино). Изменения первого показателя по толще оказываются не столь значительными, а значения второго – то резко возрастают, то также резко падают, особенно в морене около с. Чудинка с 0,12 (глубина 2 м) до 0,30 (глубина 4 м). Наиболее стабильным является число пластичности, хотя и здесь, в значениях, иногда отмечаются труднообъяснимые расхождения.

До сих пор дискуссионным остаётся вопрос о причинах высокой плотности морен. Вполне можно согласиться с рядом авторов, которые в качестве ведущих факторов повышенной плотности выделяют: 1) динамическое воздействие ледника; 2) близкий к оптимальной смеси гранулометрический состав морен [10; 11].

Оценивая воздействующий эффект этих факторов в процессе моренообразования на территории Мордовии, следует отметить, что палеогеографические условия гляциального литогенеза здесь не благоприятствовали формированию отложений с очень высокой плотностью. Относительно слабое динамическое воздействие ледника из-за его малой мощности, особенности гранулометрического состава морены, а также разуплотнение, происходившее благодаря глубоко проникавшим в толщу морены процессам выветривания, явились главными причинами пониженных, по сравнению с аналогичными образованиями севера и центра Русской равнины, значений плотности. В целом показатели физико-механических свойств донской морены Мордовии характеризуются большим разбросом средних величин, высокими значениями коэффициентов вариации, что затрудняет их использование в стратиграфических и палеогеографических целях. Существенным препятствием оказывается то, что разногенетический материал мог ошибочно смешиваться при полевом отборе. Это создавало проблемы при выявлении тех или иных закономерностей.

В заключение необходимо ещё раз отметить: 1) невысокая плотность морены Мордовии связана со слабой динамической активностью донского ледника в пределах исследуемой территории; 2) отсутствие заметных следов уплотнения морены с глубиной; 3) разуплотнённость морены может косвенно свидетельство о её древнем возрасте.

Заключение

Таким образом, существующая связь между условиями образования плейстоценовых отложений и их физико-механическими свойствами свидетельствует о правомерности широкого использования этих свойств для фациально-генетического расчленения отложений. Особый методический интерес представляет выявление различий физических свойств внешне сходных, но генетически разнородных отложений. Перспективность и практическая значимость генетического подхода к изучению физических свойств плейстоценовых отложений состоит в том, что, зная генезис отложений, можно предсказать их инженерно-геологические свойства.

Исследование пространственной изменчивости физико-механических свойств плейстоценовых ледниковых отложений позволяет выявить региональные факторы изменения географической среды и закономерности осадконакопления.

Анализ физико-механических свойств отложений следует рассматривать как один из перспективных методов изучения состава и свойств плейстоценовых отложений в комплексе палеогеографических исследований. Возможность широкого

применения этих свойств в целях палеогеографии и стратиграфии обусловлена накоплением к настоящему времени обширного фактического материала, используемого как в региональных исследованиях, так и при решении отдельных проблем, связанных с пространственной и временной изменчивостью свойств плейстоценовых отложений. Анализ физико-механических свойств является надёжным критерием для правильной интерпретации отражения в них как современных географических условий, так и условий времени осадконакопления.

Список источников

1. Рунков С. И., Маскайкин В. Н. Палеогеография эпох похолоданий на территории Мордовии в плейстоцене // Современные проблемы территориального развития. 2017. № 3. С. 9. EDN: ZXHPBD

2. Маскайкин В. Н., Рунков С. И. Новейшие отложения и палеогеография Окско-Донской древнеледниковой зоны: монография. Смоленск: Маджента, 2004. 120 с. EDN: QKEKOF

3. Рунков С. И. Палеогеографические условия формирования неоплейстоценовых ледниковых отложений на территории Мордовии: монография. Саранск: ООО «Референт», 2013. 120 с.

4. Кошкина Н. В., Хрянина О. В., Галова Ю. С. Инженерно-геологические свойства отложений ледникового комплекса Пензенского региона // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 3. Ч. 1. URL: https://web.snauka.ru/issues/2015/03/48804 (дата обращения: 26.08.2025).

5. Кошкина Н. В., Хрянина О. В., Астафьев М. В. Инженерно-геологическая оценка четвертичных отложений Пензенского Присурья // Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий: материалы III Международной научно-практической конференции. Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2014. С. 53-56

6. Маскайкин В. Н., Рунков С. И. Палеогеографические особенности развития природы на территории Мордовии в фанерозое. Саранск: Мордовский университет, 2015. 158 с.

7. Рунков С. И., Маскайкин В. Н. Минералогия неоплейстоценовых морен и мореноподобных отложений территории Мордовии // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27. № 2. С. 28-41. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-2-28-41. EDN: APHVRU

8. Верейский Н. Г. Физико-механические свойства верхнеплестоценовых морен Русской равнины // Литология и полезные ископаемые. 1972. № 5. С. 14-20.

9. Кригер Н. И. Формирование физико-механических свойств морены // Вещественный состав основных морен. М.: ГИН, 1978. С. 134-154.

References

1. Runkov SI, Maskaykin VN. Paleogeography in the eras of the cold on the territory of Mordovia in the Pleistocene. *Sovremennye Problemy Territorialnogo Razvitiya.* 2017(3):9. (In Russ). EDN: ZXHPBD

2. Maskaikin VN, Runkov SI. Recent deposits and paleogeography of the Oka-Don ancient glacial zone: monograph. Smolensk: Magenta, 2004:120. (In Russ). EDN: QKEKOF

3. Runkov SI. Paleogeographic conditions of the formation of Neopleistocene glacial deposits in Mordovia: monograph. Saransk: OOO Referent, 2013:120. (In Russ)

4. Koshkina NV, Khryanina OV, Galova YuS. Geotechnical properties of sediments glacial complex of the Penza Region. *Modern Scientific Researches and Innovations.* 2015;3(1). URL: https://web.snauka.ru/issues/2015/03/48804 (accessed 26.08.2025). (In Russ)

5. Koshkina NV, Khryanina OV, Astafyev MV. Engineering and geological assessment of Quaternary deposits of the Penza Sur Region. *Actual Issues of Current Foundation Construction Taking into Account Energy-Saving Technologies: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference*. Penza: Penza State University of Architecture and Civil Engineering, 2014:53-56. (In Russ)

6. Maskaykin VN, Runkov SI. Paleogeographic features of natural development on the territory of Mordovia in the Phanerozoic. Saransk: Mordovian University, 2015:158. (In Russ)

7. Runkov SI, Maskaykin VN. Neo-Pleistocene mineralogy moraines and moraine-like sediments of the Mordovia territory. *Transbaikal State University Journal.* 2021;27(2):28-41. (In Russ). DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-2-28-41. EDN: APHVRU

8. Vereisky NG. Physicomechanical properties of Upper Pleistocene moraines of the Russian Plain. *Lithology and Mineral Resources*. 1972(5):14-20. (In Russ)

9. Kriger NI. Formation of physicomechanical properties of moraine. *Material Composition of the Ground Moraines.* Moscow: GIN, 1978:134-154. (In Russ).

10. Lavrushin YuA. Structure and formation of the main moraines of continental glaciations. Mos-

10. Лаврушин Ю.А. Строение и формирование основных морен материковых оледенений. М.: Наука, 1976. 244 с.

11. Мазуров Г. П. О формировании состава и свойств моренных грунтов. Л.: ЛГУ, 1964. С. 51-69.

cow: Nauka, 1976:244. (In Russ).

11. Mazurov GP. On the formation of the composition and properties of moraine soils. Leningrad: Leningrad State University, 1964:51-69. (In Russ).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Рунков Сергей Иванович, кандидат географических наук, доцент кафедры физической и социально-экономической географии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, runckov.s@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0000-2850-7370

Маскайкин Виктор Николаевич, кандидат географических наук, доцент кафедры физической и социально-экономической географии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, mordrosgeo@mail.ru, htt://orcid/0009-0001-1143-4774

Критерии авторства

Рунков С. И. – основная идея исследования, сбор и обработка данных, критический анализ, подготовка текста статьи, формулирование выводов; Маскайкин В. Н. – анализ материала, подготовка текста статьи, курирование данных, формулирование выводов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 03.03.2025
Одобрена после рецензирования 27.05.2025
Принята к публикации 23.06.2025

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Sergey I. Runkov, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Physical and Socio-Economic Geography, National Research Ogarev Mordovia State, Saransk, Russia, runckov.s@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0000-2850-7370

Viktor N. Maskaykin, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Physical and Socio-Economic Geography, National Research Ogarev Mordovia State, Saransk, Russia, mordrosgeo@mail.ru, htt://orcid/0009-0001-1143-4774

Contribution of the authors

Runkov S. I. – main idea of the research, data collection and processing, critical analysis, preparation of the paper text, formulation of conclusions; Maskaykin V. N. – material analysis, preparation of the paper text, data curation, formulation of conclusions.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 03.03.2025
Approved after reviewing 27.05.2025
Accepted for publication 23.06.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 911.53
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-100-107
EDN: VRTGKN

Классификация антропогенных ландшафтов урбанизированных территорий (на примере г. Балаково)

©2025Фомина Н. В.✉, Луговской А. М.
Московский государственный университет геодезии и картографии
Москва, Россия, fominanina12@mail.ru✉, alug1961@yandex.ru

РЕЗЮМЕ. Антропогенные ландшафты представляют собой сложные системы, обладающие множеством уникальных характеристик и ценностей, которые требуют бережного отношения и комплексного управления. **Цель** настоящего исследования – рассмотреть существующие методы классификации антропогенных ландшафтов и предложить дополненную классификацию с учетом категорий землепользования и функционального назначения территорий. **Методы.** В исследовании были проанализированы существующие подходы к классификации антропогенных ландшафтов. Сравнительный и описательный методы исследования позволили сопоставить актуальную градостроительную документацию с данными аэрокосмических съемок для более детального выделения групп урочищ антропогенных ландшафтов. В качестве наиболее типичного объекта был выбран г. Балаково Саратовской области. **Результаты.** Авторами предложены критерии классификации антропогенных ландшафтов, включающие как физико-географические параметры, так и социально-экономические аспекты. Также предложена уточненная классификация ландшафтов урбанизированных территорий. Ключевая роль в классификации антропогенных ландшафтов городов принадлежит категорированию земель и функциональному назначению территорий. **Выводы.** Категории землепользования и функциональное зонирование являются основополагающими инструментами для планирования и управления антропогенными ландшафтами. Они помогают формировать стратегии адаптации к изменениям в климате и демографической ситуации, способствуя более эффективному использованию территорий. Такой подход позволит эффективно адаптироваться к изменениям, возникающим в результате человеческой деятельности. Предложенная классификация рассмотрена на примере г. Балаково Саратовской области. В результате выделены основные группы урочищ антропогенных ландшафтов урбанизированных территорий.

Ключевые слова: антропогенные ландшафты, классификация, группы антропогенных урочищ, устойчивое развитие, землепользование.

Формат цитирования: Фомина Н. В., Луговской А. М. Классификация антропогенных ландшафтов урбанизированных территорий (на примере г. Балаково) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 2. С. 100-107. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-100-107. EDN: VRTGKN

Classification for Anthropogenic Landscapes of Urbanized Territories (as Exemplified in Balakovo City)

©2025Nina V. Fomina✉, Alexander M. Lugovskoy
Moscow State University of Geodesy and Cartography
Moscow, Russia, fominanina12@mail.ru✉, alug1961@yandex.ru

ABSTRACT. Anthropogenic landscapes are complex systems with many unique characteristics and values that require careful treatment and integrated management. The **aim** of the research is to consider the existing methods of classifying anthropogenic landscapes and to propose an expanded classification taking into account land use categories and the functional purpose of territories. **Methods.** The research analyzed existing approaches to the classification of anthropogenic landscapes. Comparative and descriptive re-

search methods made it possible to compare current urban planning documentation with aerospace survey data for a more detailed identification of anthropogenic landscapes groups. Balakovo city in the Saratov Region was chosen as the most typical object. **Results.** The authors propose criteria for classifying anthropogenic landscapes, including both physical and geographical parameters and socio-economic aspects. It is also proposed a refined classification of urban landscapes. The key role in classifying urban anthropogenic landscapes belongs to land categorization and the functional purpose of the territories. **Conclusions.** Land use categories and functional zoning are fundamental tools for planning and managing anthropogenic landscapes. They help to formulate strategies for adapting to changes in climate and demographics, promoting more efficient use of territories. This approach makes it possible to effectively adapt to changes resulting from human activity. The proposed classification is considered using the example of Balakovo city in the Saratov Region. As a result, the main groups of anthropogenic landscapes of urbanized territories are identified.

Keywords: anthropogenic landscapes, classification, groups of anthropogenic landscape units, sustainable development, land use.

For citation: Fomina NV, Lugovskoy AM. Classification for Anthropogenic Landscapes of Urbanized Territories (as Exemplified in Balakovo City). *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(2):100-107 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-100-107. EDN: VRTGKN

Введение

Антропогенные ландшафты представляют собой уникальные геосистемы, формируемые под воздействием человеческой деятельности. Они могут варьироваться от сельскохозяйственных угодий до промышленных зон, городских территорий и рекреационных пространств. Каждая из этих категорий может включать множество подкатегорий, что усложняет создание единой классификационной схемы. Антропогенные ландшафты часто являются результатом сложных взаимодействий между природными и социальными системами. С учетом стремительного роста урбанизации и промышленного развития исследование и выделение таких ландшафтов становится особенно актуальным. Они не только влияют на природные процессы, но и играют значительную роль в формировании социально-экономической структуры общества.

Классификация антропогенных ландшафтов позволяет выявить различные типы человеческого воздействия на природу, дает возможность сравнивать различные типы антропогенных ландшафтов, изучать их экологическое состояние, социальное и экономическое значение, и таким образом способствует лучшему пониманию их значения для науки и практики. Такой подход помогает выявить не только негативные последствия антропогенной деятельности, но и возможности для устойчивого развития и восстановительных мероприятий.

Цель данной работы – рассмотреть существующие методы классификации антропогенных ландшафтов и предложить дополненную классификацию с учетом категорий землепользования и функционального назначения территорий. Результаты нашего исследования могут послужить основой для дальнейших научных изысканий и практических рекомендаций по устойчивому управлению антропогенными ландшафтами.

Материалы и методы исследования

Ландшафт часто рассматривается как природная или полуприродная среда, которая включает в себя географические, экологические и культурные элементы. Урбанизированные территории, в свою очередь, могут восприниматься как сильно измененные человеком пространства, что ставит под сомнение их соответствие традиционному понятию ландшафта [1; 2]. Некоторые исследователи сосредоточены на изучении естественных экосистем и биомов, что может привести к игнорированию или недооценке городских пространств как объектов исследования. Городские территории часто связаны с социальными, экономическими и культурными процессами, которые могут не вписываться в традиционные концепции ландшафта. Это может вызывать споры о том, следует ли рассматривать такие пространства как «ландшафты» в классическом понимании [1; 2].

В зависимости от направления исследований могут существовать разные подходы к определению и анализу ландшафта. Некоторые ученые могут акцентировать внимание на природных элементах, в то время как другие – на социальных и культурных аспектах. Понятие «ландшафт» может быть достаточно гибким и

изменчивым. В последние десятилетия возникло множество новых теорий и подходов, которые включают в себя городские пространства как часть более широкого понимания ландшафта.

В работе [3] рассматривается уникальность городских ландшафтов с позиций субъективного восприятия общегородского культурного пространства. Особое внимание авторы уделяют зрительному восприятию современной городской среды в рамках ландшафтного урбанизма, выделяя исторические ландшафты, а также ландшафты естественного и антропогенного происхождения. Высказывается мнение о необходимости использования ландшафтного проектирования как перспективного развития пространственной организации городской среды.

В работе [4] эта мысль развивается дальше: ландшафтное планирование, по сути, закладывает фундамент для того, как мы используем и управляем землей сегодня. Оно помогает гармонично сочетать нужды человека с сохранением природных ресурсов, определяя, как земля будет использоваться в будущем. Таким образом, это ключевой инструмент для устойчивого развития, рационального использования земельных ресурсов, а также для планирования и прогнозирования развития городских земель.

Города постоянно развиваются, трансформируются. Изменения происходят как в планировке, так и в характере использования территорий. При этом, зачастую, происходит замена естественных ландшафтов природно-антропогенными и антропогенными, а также одних функциональных зон другими, что требует постоянного и всестороннего отслеживания [5].

Антропогенные ландшафты представляют собой не только совокупность природных и искусственных элементов, но и взаимодействие между ними. Изменения в одном элементе (например, в использовании земель) могут вызвать цепную реакцию в других компонентах (например, в экосистемах и климате). Это усложняет учет всех взаимосвязей при классификации. Антропогенные ландшафты постоянно изменяются под воздействием времени, технологий и социальных факторов. Классификация, основанная на статичных параметрах, может быстро устареть. Следует принимать во внимание динамический характер ландшафтов, что требует регулярных обновлений классификационных систем.

На сегодняшний день отсутствует универсальный набор критериев для классификации антропогенных ландшафтов. Существующие методы часто не учитывают специфические условия региона или природы воздействия. Классификация антропогенных ландшафтов является непростой задачей, требующей комплексного подхода и глубокого понимания окружающей среды и человеческой деятельности.

Для выделения антропогенных ландшафтов городов используют различные методы: картографирование, аэрофотосъёмка и космические снимки, геоинформационные технологии, полевые исследования и т. д.

В настоящее время известны несколько классификаций антропогенных ландшафтов (табл.).

Таблица. **Классификации антропогенных ландшафтов**
Table. Classifications for anthropogenic landscapes

Авторы Authors	**Примеры классификаций** Examples of classifications
А. Г. Исаченко [2]	По степени антропогенного воздействия на природный ландшафт: первобытные (условно неизмененные), слабоизмененные, сильно измененные (нарушенные), преобразованные (культурные)
Е. Ю. Колбовский [6]	С позиций градостроительства: природные территории, озелененные территории общего пользования, озелененные территории ограниченного пользования, озелененные территории специального назначения, резервные территории
В. З. Макаров [7]	Ландшафтные районы, подрайоны, местности и урболандшафтные участки
Ф. Н. Мильков [8; 9]	По роду деятельности человека: сельскохозяйственные, промышленные, путевые, селитебные, лесные, водные, рекреационные, беллигеративные
В. А. Николаев [10]	По геоэкологическим критериям: природные (хозяйственно неиспользуемые, слабоэксплуатируемые, особо охраняемые территории), антропогенные ландшафты
В. П. Семёнов Тян-Шанский [11]	По степени антропогенного воздействия на природный ландшафт: культурные и неизмененные (дичающие, полудикие, одичавшие)

Исходя из представленных классификаций, можно сделать вывод, что антропогенные ландшафты представляют собой совокупность комплексов, связанных социально-экологическими и социально-экономическими связями. Однородность внутренней структуры антропогенных ландшафтов является одним из основополагающих факторов при их характеристике [6; 12-15]. В связи с этим в нашей работе мы выделили типы ландшафтов урбанизированных территорий согласно категориям использования земель и их функциональному назначению в пределах города.

Результаты и их обсуждение

В городах природный ландшафт претерпевает значительные изменения, фактически заменяясь антропогенным. Застройка, создание инфраструктуры и прочая хозяйственная деятельность человека приводят к нарушению целостности лесов, лугов, водно-болотных угодий и других природных сообществ. Остатки природных экосистем могут быть сохранены в виде небольших изолированных фрагментов (парки, скверы), что нарушает экологические связи и снижает биоразнообразие. Строительство, прокладка дорог, создание искусственных водоемов приводят к выравниванию рельефа, засыпке оврагов, изменению русел рек. Это влияет на поверхностный сток воды, может вызывать подтопления и эрозию почвы.

В целом, в городах происходит глубокое преобразование природного ландшафта, что приводит к созданию новой, искусственной среды с измененными экологическими условиями. Важно учитывать эти изменения при планировании городского развития и стремиться к сохранению остатков природных экосистем и созданию зеленых зон. Для эффективного достижения этих целей необходимо четкое понимание того, как именно человек трансформирует окружающую среду, необходимо выработать систематизированный подход к анализу преобразованных человеком территорий.

В связи с этим классификацию антропогенных ландшафтов целесообразно основывать на тех факторах, которые помогают понять, как человеческая деятельность влияет на природные экосистемы. С одной стороны, хозяйственная деятельность человека накладывает большой отпечаток на природные ландшафты, зачастую меняя их коренным образом, с другой – различные виды деятельности (сельское хозяйство, промышленность, строительство, туризм) создают новые типы ландшафтов. В свою очередь, степень антропогенного воздействия также является весомым фактором в формировании новых типов ландшафтов (от сельскохозяйственных до селитебных и промышленных).

Для антропогенных ландшафтов характерна мозаичность структуры. Многообразие функциональных зон, каждая из которых имеет свои функции и предназначение, создает разнообразие в подходах к застройке и озеленению, в выборе архитектурных стилей и т. д., что приводит к визуальному и функциональному контрасту, формируя уникальные ландшафтные комбинации. Жилые районы (многоквартирные дома, частные секторы и коттеджные поселки), общественно-деловые зоны (офисные центры, торговые площади и рынки, административные здания), промышленные зоны, рекреационные зоны (парки, скверы, сады и другие зеленые территории, которые могут быть разбросаны по всей городской территории) формируются различными типами застройки. Уникальное историческое наследие и культурные традиции каждого города также влияют на мозаичность (в староосвоенных районах города могут преобладать здания с исторической архитектурой, а современная застройка скорее будет отражать актуальные тенденции). Тип застройки (многоквартирные дома, частный сектор, промышленные предприятия, торговые центры) формирует специфический облик города. Таким образом, мозаичность городских ландшафтов отражает многообразие форм и функций, которые интегрированы в пределах одной территории.

Подробная классификация антропогенных ландшафтов требует четкого понимания их структуры и функций. Этому, в первую очередь, могут способствовать знание категорий землепользования и функционального назначения территорий конкретной урбанизированной территории.

Категории землепользования помогают систематизировать и упорядочить использование различных участков земли, обеспечивая эффективное распределение ре-

сурсов. Функциональное зонирование, т. е. деление городской территории на зоны с различным назначением, обеспечивает баланс между различными формами землепользования, позволяя эффективно интегрировать жилые, общественно-деловые и рекреационные зоны.

Антропогенные ландшафты урбанизированных территорий в настоящее время многофункциональны, сохраняя функции естественных геосистем при внедрении технических и планировочных мер, городские ландшафты приобретают новые социальные и экономические функции, что прослеживается и в г. Балаково.

Балаково стал важным промышленным центром в Саратовской области в середине XX в., что привело к развитию различных производств, включая химическую промышленность и энергетический сектор. Это серьезно повлияло на формирование антропогенных ландшафтов в городе. В основном антропогенные ландшафты города представлены промышленными предприятиями, такими как Саратовская ГЭС, ТЭЦ и другими промышленными зонами.

В ходе развития города строились новые жилые микрорайоны, социальные и культурные объекты, что также повлияло на структуру городского ландшафта. Микрорайоны города представляют собой комплексные антропогенные ландшафты, где наблюдаются взаимодействия между жилой застройкой, инфраструктурой и зелеными зонами. Участки, предназначенные для отдыха и рекреации, также являются частью антропогенного ландшафта. Кроме того, на формирование антропогенных ландшафтов Балаково большое влияние оказывает близость р. Волги и наличие Саратовского водохранилища.

Функциональная планировка г. Балаково формировалась под воздействием крупных гидрографических единиц, в частности р. Волги и ее притоков (рр. Малый и Большой Иргиз, Терса) [11; 15]. Согласно Генеральному плану г. Балаково, его делят на три планировочных района: Островной, Центральный и Заканальный. Островной район является наиболее старым, в нем расположен исторический центр города, общественно-торговый центр. На территории Заканального района расположены кварталы высоко- и среднеэтажные, частная малоэтажная застройка, общественно-торговый центр. Развитие Центрального района пришлось на 1970-е гг., поэтому в основном он представлен жилыми кварталами высоко- и среднеэтажной застройки, также здесь расположен общественно-деловой центр города. Промышленный комплекс расположен в юго-западном и юго-восточном промышленных районах.

Таким образом, в г. Балаково можно выделить несколько типов антропогенных ландшафтов:

1. Промышленные ландшафты – территории различных промышленных предприятий, а также прилегающие к ним зоны. В г. Балаково к ним прежде всего относятся площадка Саратовской ГЭС, ТЭЦ и территории предприятий химической промышленности. Характерны большие площади застройки, наличие производственных сооружений, измененный рельеф, возможное загрязнение окружающей среды.

2. Селитебные ландшафты – различные типы жилой застройки (многоквартирные дома, индивидуальные дома, коттеджные поселки). В г. Балаково можно выделить районы исторической застройки, районы с преобладанием много- и среднеэтажной застройки, а также частный сектор с малоэтажной застройкой.

3. Рекреационные ландшафты предназначены для отдыха и развлечений. В г. Балаково к ним относятся городской парк, набережная Волги, скверы и т. д. На Саратовской ГЭС сама плотина и водохранилище, хотя и являются техногенными объектами, также выполняют рекреационную функцию.

4. Транспортные ландшафты – улицы, дороги, железнодорожные пути, мосты, транспортные развязки. Этот тип ландшафтов характеризуется высокой плотностью транспортных потоков, наличием асфальтовых и бетонных покрытий, шумовым загрязнением.

5. Общественно-деловые ландшафты – территории торговых центров, рынков, магазинов, офисных зданий. Концентрируются, как правило, в центральной части города и вдоль основных магистралей. Характерна высокая плотность застройки, наличие рекламных конструкций, большие парковки.

6. Ландшафты специального назначения – территории, занятые воинскими частями, мемориалами, кладбищами и т. д.

Важно отметить, что границы между этими типами ландшафтов могут быть размытыми, и в пределах одного района могут сочетаться элементы разных ландшафтов. Например, в жилых районах могут присутствовать элементы рекреационных и коммерческих ландшафтов. Однородность внутренней структуры типов антропогенных ландшафтов (занятые (или незанятые) жилой застройкой, промышленными объектами территории, озелененные территории) является одним из важных факторов при их характеристике.

В связи с тем, что выделение типов антропогенных ландшафтов становится достаточно условным, нами была предпринята попытка выявления урочищ антропогенных ландшафтов урбанизированных территорий. Урочища обычно характеризуются схожестью геологических, климатических и биологических условий. Это может включать в себя тип почвы, растительность, а также физико-географические параметры, такие как рельеф. Каждое урочище имеет свой уникальный набор экосистем, которые включают в себя взаимодействия между растительными и животными видами, а также влияние абиотических факторов. Даже в природных урочищах может наблюдаться разное влияние человеческой деятельности. Урочища могут выполнять различные функции, как природные, так и хозяйственные.

На основе представленных типов антропогенных ландшафтов был произведен дальнейший анализ структуры землепользования и функционального назначения территорий и были выделены группы урочищ антропогенных ландшафтов (рис.).

Балаково расположен на двух типах местности: пойменном (Островной район) и надпойменно-террасовом (Заканальный и Центральный район). Проанализировав документы территориального планирования и физико-географическую характеристику района расположения г. Балаково, выделенные группы урочищ антропогенных ландшафтов согласно категориям использования земель и их функциональному назначению в пределах города были схематично представлены на рисунке.

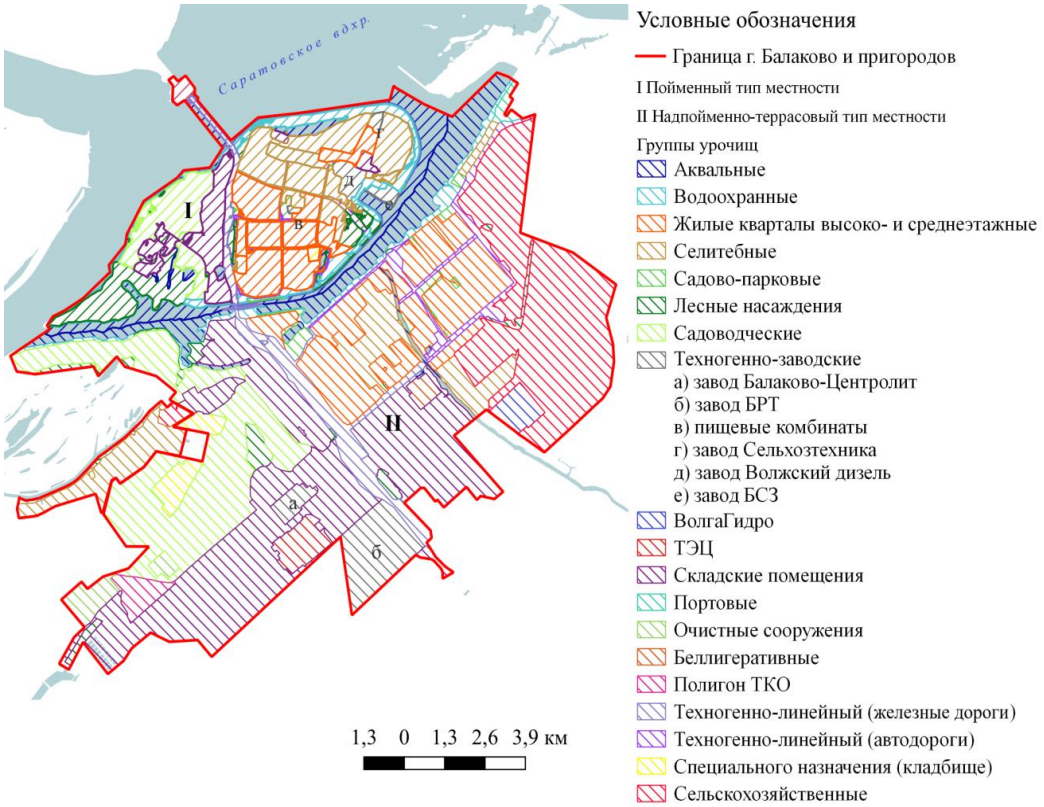


***Рис.* Картосхема ландшафтной структуры г. Балаково**
Fig. Map of the landscape structure of Balakovo city

Заключение

Понимание различных типов антропогенных ландшафтов помогает в эффективном управлении природными ресурсами. Категории землепользования и функциональное назначение территорий представляют собой важные инструменты для организации пространственного планирования и управления природными ресурсами. Классификация ландшафтов урбанизированных территорий на основе категорий землепользования и функционального назначения территорий позволяет более эффективно планировать использование земель, учитывая различные виды антропогенного воздействия и их последствия, что особенно важно в условиях городской застройки и сельского хозяйства.

Категории землепользования и функциональное зонирование территории играют ключевую роль в классификации антропогенных ландшафтов. Они не только способствуют упорядочению и рациональному использованию ресурсов, но и служат основой для разработки стратегий устойчивого развития и защиты геосистем. Понимание этих категорий позволяет эффективно адаптироваться к изменениям, возникающим в результате человеческой деятельности, и создает платформу для научного анализа и практических решений. На примере г. Балаково рассмотрена классификация антропогенных ландшафтов урбанизированных территорий. На основе анализа документов территориального планирования и физико-географической характеристики района расположения были выделены группы урочищ согласно категориям использования земель и их функциональному назначению в пределах города.

Список источников

1. Горбунов Р. В., Табунщик В. А. О выделении городских ландшафтов // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2020. Т. 6 (16). № 2. С. 97-126. EDN: VYLLWU

2. Исаченко А. Г. О так называемых антропогенных ландшафтах // Известия Всесоюзного географического общества. 1974. Т. 106. Вып. 1. С. 70–75.

3. Субботин О. С. Ландшафтный урбанизм и организация пространственной среды: эволюция и новые реальности // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15. № 1(58). С. 116-125. DOI:10.17673/Vestnik.2025.01.16. EDN: LOGPWS

4. Лазарева Н. Н. Ландшафтное планирование как основа современного землепользования и землеустройства юго-восточной Балтики // Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. VII Мильковские чтения: материалы XIV Международной ландшафтной конференции (Воронеж, 17–21 мая 2023 г.). Воронеж, 2023. С. 220-222. DOI:10.17308/978-5-9273-3692-0-2023-220-222

5. Romanillos G, Robazza G, Lovato F. A fragmented world: mapping the global extent of Anthropogenic Landscape Fragmentation. *Journal of Maps.* 2024;20(1):2307539. DOI:10.1080/17445647.2024.2307539

6. Колбовский Е. Ю. Ландшафтное планирование и экологическое проектирование в России: проблемы, возможности, рынок услуг (часть I) // Ярославский педагогический вестник. 2010. Т. 3. № 4. С. 134-139. EDN: OGMUYX

7. Макаров В. З., Новаковский Б. А., Чумаченко А. Н. Эколого-географическое картографирование городов. М.: Научный мир, 2002. 196 с. EDN: WIFKBD

8. Мильков Ф. Н. Ландшафтная география: избранные труды. Воронеж: ИСТОКИ, 2018. 382. EDN: FNEUWB

References

1. Gorbunov RV, Tabunshchik VA. About allocation of urban landscapes. *Geopolitika i Ekogeodinamika Regionov*. 2020;6(16)(2):97-126(In Russ). EDN: VYLLWU

2. Isachenko AG. About the so-called anthropogenic landscapes. *Izvestiya Vsesoyuznogo Geograficheskogo Obshchestva*. 1974;106(1):70-75. (In Russ)

3. Subbotin OS. Landscape urbanism and spatial environment organization: evolution and new realities. *Urban Construction and Architecture*. 2025;15(1(58):116-125. (In Russ). DOI:10.17673/Vestnik.2025.01.16.

4. Lazareva NN. Landscape planning as a basis for modern land use and land management in the Southeastern Baltic. *Theoretical and Applied Problems of Landscape Geography. VII Milkovsky Readings: Proceedings of the 14th International Landscape Conference (Voronezh, May 17–21, 2023).* Voronezh, 2023:220-222. (In Russ). DOI: 10.17308/978-5-9273-3692-0-2023-220-222

5. Romanillos G, Robazza G, Lovato F. A fragmented world: mapping the global extent of Anthropogenic Landscape Fragmentation. *Journal of Maps.* 2024;20(1):2307539.DOI:10.1080/17445647.2024.2307539

6. Kolbovsky EJu. Landscape planning and ecological designing in russia: problems, possibilities, service market (the part I). *Yaroslavl Pedagogical Bulletin.* 2010;3(4):135-139. (In Russ). EDN: OGMUYX

7. Makarov VZ, Novakovskiy BA, Chumachenko AN. Ecological and geographical mapping of cities. Moscow: Nauchnyi mir. 2002:196. (In Russ). EDN: WIFKBD

8. Milkov FN. Landscape Geography: selected works. Voronezh: ISTOKI, 2018:382. (In Russ). EDN: FNEUWB

9. Мильков Ф. Н. Рукотворные ландшафты. Рассказ об антропогенных комплексах. М.: Мысль, 1978. 85 с.

10. Николаев В. А. Ландшафтоведение: эстетика и дизайн. М.: Аспект пресс, 2005. 176 с.

11. Фомина Н. В. Геоэкологическая оценка предпочтительности проживания населения на примере г. Балаково и его пригородов: дис. ... канд. геогр. наук. Белгород, 2022. 165 с.

12. Попова А. С., Аксенова Е. Г. Специфика городских ландшафтов и факторы их преобразования // Актуальные проблемы науки и техники – 2019. 2019. С. 1005-1007.

13. Тычкова М. И., Занозин В. В. Особенности городских ландшафтов // Актуальные вопросы в науке и практике. 2018. С. 84-87.

14. Харитонова Т. И., Мерекалова К. А., Родина В. О., Моисеев А. И., Баталова В. А., Омерда Е. А., Подгорный О. М. Структура и ценность городских ландшафтов как основа городского планирования // Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития: материалы XII Международной ландшафтной конференции (Тюмень-Тобольск, 22-25 августа 2017 г.). Тюмень, 2017. С. 90-95. EDN: ZUYWDP

15. Фомина Н. В., Луговской А. М., Кочуров Б. И. Оценка комфортности проживания населения (на примере г. Балаково Саратовской области) // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 2(55). С. 140-149. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-140-149. EDN: FEXSKG

9. Milkov FN. Man-made landscapes. A story about anthropogenic complexes. Moscow: Mysl, 1978:85. (In Russ)

10. Nikolaev VA. Landscape Science: Aesthetics and Design. Moscow: Aspekt press, 2005:176. (In Russ)

11. Fomina NV. Geoecological assessment for the preferability of the population's residence using the example of Balakovo city and its suburbs. Ph.D. thesis (Geography). Belgorod, 2022:165. (In Russ). EDN: PNGWHE

12. Popova AS, Aksenova EG. Specificity of urban landscapes and factors of their transformation. *Aktualnye problemy Nauki i Tekhniki – 2019.* 2019:1005-1007. (In Russ). EDN: VLOJWH

13. Tychkova MI, Zanozin VV. Features of urban landscapes. *Aktualnye Voprosy v Nauke i Praktike*. 2018: 84-87. (In Russ). EDN: YXIWIH

14. Kharitonova TI, Merekalova KA, Rodina VO, Moiseev AI, et al. Structure and value of urban landscapes as the basis of urban planning. *Landscape Science: Theory, Methods, Landscape-Ecological Support for Nature Management and Sustainable Development: Proceedings of the 12th International Landscape Conference (Tyumen-Tobolsk, August 22-25, 2017).* Tyumen, 2017:90-95. (In Russ). EDN: ZUYWDP

15. Fomina NV, Lugovskoy AM, Kochurov BI. Assessment of living comfort for the population of a municipality: methodological approaches. *South of Russia: Ecology, Development*. 2020;15(2(55):140-149. (In Russ). DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-140-149. EDN: FEXSKG

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Фомина Нина Васильевна, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия, fominanina12@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-6717-8960

Луговской Александр Михайлович, кандидат биологических наук, доктор географических наук, доцент, профессор кафедры географии, Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия, alug1961@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-3985-4535

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Affiliations

Nina V. Fomina, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Geography, Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia, fominanina12@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-6717-8960

Alexander M. Lugovskoy, Ph.D. (Biology), Doctor of Science (Geography), Associate Professor, Professor, Department of Geography, Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia, alug1961@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-3985-4535

Критерии авторства

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

All authors made equivalent contributions to the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 20.03.2025
Одобрена после рецензирования 20.03.2025
Принята к публикации 01.07.2025

The article was submitted 20.03.2025
Approved after reviewing 20.03.2025
Accepted for publication 01.07.2025

ИНФОРМАЦИЯ. ХРОНИКА. ЮБИЛЕИ

Информация. Хроника. Юбилеи / Information. Chronicle. Anniversary
Оригинальная статья / Original Article
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-2-108-116
EDN: WFJGMY

К 65-летию главного редактора журнала «Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки» Атаева Загира Вагитовича



25 июня 2025 г. исполняется 65 лет главному редактору научного журнала «Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки», известному учёному-географу, талантливому преподавателю и коллеге Загиру Вагитовичу Атаеву.

Атаев З. В. является профессором кафедры географии и методики преподавания, директором НИИ биогеографии и ландшафтной экологии Дагестанского государственного педагогического университета им. Р. Гамзатова, профессором кафедры рекреационной географии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета, ведущим научным сотрудником Института геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, ведущим научным сотрудником центра географических исследований Кабардино-Балкарского научного центра РАН.

Трудовая деятельность З. В. Атаева, охватившая долгие годы плодотворной работы в сфере науки и образования, ак-

тивно способствовала развитию отечественной географической школы.

Загир Атаев родился в селе Эрпели Буйнакского района Республики Дагестан в семье известного кумыкского поэта, переводчика и педагога, члена Союза писателей России, заслуженного учителя Дагестана Атаева Вагита Атаевича. После завершения учебы в школе № 6 г. Буйнакска З. В. Атаев поступил в Дагестанский государственный педагогический институт на географический факультет, который окончил с отличием в 1982 г.

Трудовая деятельность З. В. Атаева началась в 1982 г. в Эрпелинской средней школе в должности учителя географии и английского языка. С 1985 по 1990 г. он учится в аспирантуре на кафедре физической географии Воронежского государственного университета под руководством выдающегося физико-географа Ф. Н. Милькова. В период обучения в аспирантуре З. В. Атаев был призван на действительную военную службу в рядах Советской Армии.

После окончании аспирантуры З. В. Атаев начал свою научно-педагогическую карьеру в стенах родного вуза, проявив блестящие способности преподавателя и исследователя. Вскоре молодой специалист обратил внимание учёных кругов своими оригинальными исследованиями в области физической географии Кавказа. В ДГПУ он занимает должности ассистента, старшего преподавателя, доцента, профессора, заместителя декана географического факультета, заведующего кафедрой физической географии. В 2007 г. З. В. Атаева назначают проректором по научной и инновационной деятельности, в июне 2013 г. – проректором по научной работе, а с 2015 по 2022 г. работает проректором-начальником управления научных исследований. В настоящее время руководит созданным им в ДГПУ им. Р. Гамзатова НИИ биогеографии и ландшафтной экологии.

В 2002 г. Загир Вагитович защищает диссертацию на соискание учёной степени кандидата географических наук на тему «Ландшафты предгорного Дагестана и вопросы их агрохозяйственной оптимизации». В 2004 г. ему присваивают учёное звание доцента, в 2008 г. – профессора.

В разные годы З. В. Атаев совмещает работу в ДГПУ в других научно-образовательных организациях региона: в Институте прикладной экологии Республики Дагестан (старший научный сотрудник), Дагестанском государственном университете (зав. кафедрой географии), АНО «Энергетический колледж» г. Каспийск (зам. директора по учебно-воспитательной работе), Прикаспийском институте биологических ресурсов (ведущий научный сотрудник) и Институте геологии Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ведущий научный сотрудник), центре географических исследований Кабардино-Балкарского научного центра РАН (ведущий научный сотрудник).

З. В. Атаев имеет большой опыт научной и научно-педагогической работы, является высококвалифицированным специалистом в области ландшафтоведения, геоморфологии, географии климата, биогеографии, гляциологии, геоэкологии и природопользования, рекреационной географии и туризма, геоинформатики, дистанционного зондирования Земли и др., автор и соавтор более 750 научных трудов, в том числе 30 статей в научных журналах, входящих в перечень изданий, индексируемых в международных базах данных (Scopus / Web of Science); более 150 статей в рецензируемых научных журналах из Перечня ВАК при Минобрнауки России, 17 монографий и учебных пособий для вузов и образовательных школ республики; участвовал в выполнении более 60 грантов и хоздоговорных НИР. Является одним из ведущих специалистов на Северном Кавказе в области ландшафтной географии, краеведения, монтологии, горного и экологического туризма, истории географической науки.

Загир Вагитович – организатор и руководитель многочисленных полевых экспедиций по горным ландшафтам Северо-Восточного Кавказа и аридным ландшафтам Северо-Западного Прикаспия; совершал восхождения на Эльбрус, Казбек, Базардюзи, Аддала-Шухгельмеэр, Шалбуздаг, Бабаку и др.; мастер спорта по горному туризму; руководитель научной школы «Ландшафты Северо-Восточного Кавказа: их современное состояние и антро-

погенная трансформация», руководитель программ аспирантской подготовки по научным специальностям 1.6.12 – Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов и 1.6.21 – Геоэкология; член Русского географического общества.

В настоящее время Загир Вагитович является главным редактором научного журнала «Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки», входит в состав редакционных коллегий зарубежных и российских научных журналов («European Science Review», «Austrian Journal of Humanities and Social Sciences» и «International conference on Eurasian scientific development» (Австрия, Вена), «Science Forum» (Япония, Токио), «EURAS Academic Journal» (Турция, Стамбул), «International Journal of Professional Science», «Мониторинг. Наука и технологии», «Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Психолого-педагогические науки», «Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Общественные и гуманитарные науки», «Труды Института геологии Дагестанского научного центра Российской академии наук», «Вестник тюркского мира», «Молодой ученый», «Труды Географического общества Республики Дагестан», «Труды Государственного природного биосферного заповедника Дагестанский», является составителем и ответственным редактором сборников научных статей. З. В. Атаев также является членом Общественного совета Министерства по туризму и народным художественным промыслам Республики Дагестан, Экспертного совета Дагестанского республиканского отделения РГО, Научно-технического совета Государственного природного биосферного заповедника «Дагестанский».

З. В. Атаев – руководитель научных проектов в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», грантов и научных проектов по линии Всемирного фонда дикой природы (WWF), Critical Ecosystem Partnership Fund, Caspian Environment Programme, Birds International, Министерства образования и науки Российской Федерации, Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), Русского географического общества (РГО), Союза охраны птиц России (СОПР), Главы Республики Дагестан, Министерства природных ресурсов и экологии Республики Дагестан, Министерства по туризму и народным художественным промыслам Республики Дагестан и других. В настоящее время является ключевым исполнителем крупного научного проекта (мегагранта) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (2024-2026 гг.) и руководителем проекта Российского научного фонда «Пространственно-временная изменчивость приморских природных и антропогенных ландшафтов Дагестана под влиянием современных климатических изменений и колебаний уровенного режима Каспийского моря» (2025-2027 гг.).

Заслуги юбиляра были отмечены многочисленными наградами и почетными званиями. Он награжден нагрудным знаком «За развитие детско-юношеского туризма в России» (1996), медалью «150 лет со дня рождения В. И. Вернадского» (2016) и «30 лет Академии горных наук (2024), Почетными грамотами Правительства Республики Дагестан (2017), Министерства культуры и туризма Республики Дагестан (1998, 2005), Министерства по туризму и народным художественным промыслам Республики Дагестан (2025), Благодарственными письмами Русского географического общества (2014, 2015) и Российской академии образования (2020), избирался профессором Российской академии Естествознания (2005), академиком Российской академии информатизации образования (2006), членом-корреспондентом Российской экологической академии (2016); член Международной ассоциации ландшафтной экологии (IALE-Russia, 2018), победитель Всероссийского конкурса «Лучшая научная статья – 2014» (номинация «Географические науки»), победитель Международного конкурса «Golden Science – 2015», победи-

тель конкурса «Лучший ученый ДГПУ» (2017), Заслуженный работник науки и образования РАЕ (2014), финалист национальной премии Русского географического общества «Хрустальный компас» (2021). Биография ученого включена в энциклопедию «Ученые России» (2008), «Кумыкский энциклопедический словарь» (2012), онлайн-справочник «Известные ученые стран СНГ» (2013), монографию «Открытая книга: история в биографиях» (2013), Пофамильный справочник «Исследователи степной Евразии» (2014), «Большую энциклопедию Дагестана» (2015), справочник «Персона РФ: кто есть кто в России» (2016), Электронную энциклопедию «Имена Кавказа» (2016), биобиблиографический справочник «Исследователи степной Евразии» (2017), книгу Измуллы Аджиева «Известные кумыки. Биографический справочник» (2023). Одна из вершин на хребте Шалиб (Восточный Кавказ названа в честь Загира Вагитовича – «Пик Атаева».

Особое внимание в своей деятельности учёный уделяет вопросам экологии и охраны окружающей среды, став инициатором многих проектов по устойчивому природопользованию и охране природных ресурсов Северного Кавказа. Эти усилия сделали его одним из признанных лидеров экологической мысли в регионе. Его вклад в развитие российской науки и высшего образования трудно переоценить. И сегодня, несмотря на солидный возраст, Загир Вагитович продолжает активную работу, проводит научные полевые экспедиции, участвует в работе конференций, читает лекции студентам и аспирантам, делится своим богатым опытом и мудростью поколений.

Атмосферой университетских аудиторий, полевых экспедиций и постоянных изысканий насыщены десятилетия карьеры профессора З. В. Атаева. Полученные научные результаты стали основой множества статей, монографий и учебников, используемых студентами вузов по всей России и далеко за её пределами.

Сердечно поздравляем нашего дорогого коллегу, друга и наставника с днем рождения! Желаем крепкого здоровья, творческих успехов, новых открытий и реализации смелых идей! Пусть Вас впереди ждут ещё долгие годы активной творческой деятельности, наполненной радостью познания, новыми достижениями и вдохновением! Ваш личный пример вдохновляет нас на высокие цели и стремления служить науке, образованию и обществу с честью и достоинством. От души благодарим Вас за Вашу преданность делу, профессионализм и человечность, желаем счастья, благополучия и долгих лет жизни!

С уважением,
коллектив редакционно-
издательского отдела
ДГПУ им. Р. Гамзатова



Учебная полевая практика по геоморфологии. Метеостанция «Сулак-высокогорная», 2006 г.



Представители вузов по программе Темпус. Москва, 2008 г.



Встреча гостей из Бельгии. Махачкала, 2010 г.



Вечер памяти Гейдара Алиева в Бакинском славянском университете. Азербайджан, Баку, 2010 г.



Участие в Саммите Ассоциации EURAS в Айдынском университете. Турция, Стамбул, 2011 г.



Подписание договора о научно-образовательном сотрудничестве между ДГПУ и Сулейман-Шах университетом. Турция, Стамбул, 2012 г.



Фестиваль науки Юга России. Ростов-на-Дону, 2014 г.



С Президентом Русского географического общества С. К. Шойгу. XV съезд РГО. Москва, 2014 г.



Дагестанская делегация на Фестивале Русского географического общества. Москва, 2014 г.



Фестиваль Русского географического общества. Беседа с Первым Вице-президентом РГО, членом-корреспондентом РАН А. Н. Чилингаровым. Москва, 2014 г.



Во время беседы с Вице-президентом Русского географического общества, академиком РАН Н. С. Касимовым. XV съезд РГО. Москва, 2014 г.



С директором Института степи РАН, академиком РАН А. А. Чибилевым на Терско-Кумской низменности в период работы экспедиции «Степной мир Евразии». Ногайская степь, 2015 г.



Обсуждение проблем и перспектив развития экологического туризма. Заповедник «Дагестанский», Сарыкум. 2015 г.



Подписание договора о научно-образовательном сотрудничестве между ДГПУ им. Р. Гамзатова и Атырауским педагогическим университетом им. Халела Досмухамедова. Казахстан, Атырау, 2017 г.



Работа Фонда Гаджи Махачева. Махачкала, 2000 г.



На семинаре развития системы аттестации научных и научно-педагогических работников. Грозный, 2018 г.



Базовый лагерь гляциологической экспедиции РГО в верховьях р. Хварши. Богосский хребет, 2019 г.



Изучение расхода ледника Северо-Восточный Аддала. Богосский хребет, 2020 г.



Спуск с перевала Лаказани (хребет Дюльтыдаг), 2000 г.



На перевале Мачхалросо Главного Кавказского хребта с чабаном Нико и магистрантом Гусейном («стык» России, Грузии и Азербайджана, 1990 г.)



В экспедиции Русского географического общества. Богосский хребет, август 2023 г.



На учебной полевой практике в верховьях р. Самур, 1990 г.



Можжевеловое урочище «Буруны» на Терско-Кумской низменности с высоты птичьего полета, 2018 г.



С Главой Республики Дагестан В. А. Васильевым при получении гранта. Махачкала, 2017 г.



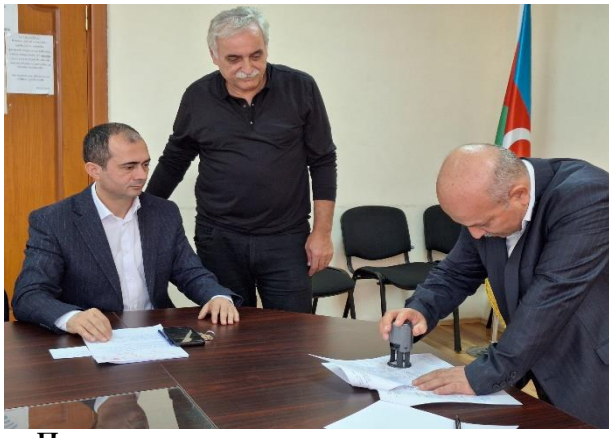
С Главой Республики Дагестан С. А. Меликовым при получении гранта. Махачкала, 2022 г.



Северо-Кавказская комплексная научная экспедиция. Тебердинский национальный парк, 2021 г.



На мероприятии-спутнике IV Конгресса молодых ученых России. Махачкала, 20 сентября 2024 г.



Подписание договора о сотрудничестве между ДГПУ им. Р. Гамзатова и Институтом географии Азербайджанской Республики. Баку, 16 октября 2024 г.



Выступление на международной конференции по гидрографии Каспийского моря. Махачкала, 16 апреля 2025 года

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. № 2. 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 № 2512. 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 ДФБГУ.
Серия "Естественные и технические 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