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

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



DAGESTAN STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY
JOURNAL
Natural and Exact Sciences

Т. 19. № 3. 2025
Vol. 19. No. 3. 2025

Т. 19. № 3. 2025
СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ»
Известия ДГПУ

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

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

Ежеквартальный научный журнал

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

Т. 19. № 3. 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 20.11.2025 г.
Дата выхода в свет 28.11.2025 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.3. 2025

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

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

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

Editorial Board

Ataev Zagir V., Ph.D. (Geography), Professor, Director of the Research Institute of Biogeography and Landscape Ecology, Gamzatov DSPU, Makhachkala, Russia – Chief Editor;
Askhabov Askhab M., Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Di-rector of Institute of Geology, Chairman of the Presidium of Komi Science Centre of the Ural branch, RAS, academician of RAS, Syktyvkar, Russia;
Imrani Zaur T., Ph.D. (Geography), Associate Professor, Executive Director, Institute of Geography named after Academician Hasan Aliyev, Baku, Azerbaijan;
Ismailov Chingiz N., Doctor of Geography, Professor, Department of Economic and Social Geography, Baku State University, Baku, Azerbaijan;
Kanbetov Asylbek Sh., Ph.D. (Biology), Professor, Director of Caspian Research Institute, Atyrau University of Oil and Gas, Atyrau, Kazakhstan;
Kerimov Ibragim A., Doctor of Physics and Mathematics, Vice-President of ASChR, Academician of ASChR, Grozny, Russia;
Magomedov Magomed-Rasul D., Doctor of Biology, Professor, Chief Re-searcher, laboratory of Animals' Ecology, PIBR DFRC RAS, Corresponding Member of RAS, Makhachkala, Russia;
Mintsaev Magomed Sh., Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of GSOTU, Grozny, Russia;
Murtazaev Akay K., Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Acting Chairman of DFRC RAS, 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 20.11.2025
Published 28.11.2025

© 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
Гасаналиев А. М. СПОСОБЫ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСПЛАВОВ 5
Гусейнов Р. М., Салпагарова З. И., Воропаева Л. В. КИНЕТИКА ЗАРЯЖЕНИЯ ГРАНИЦЫ ИНЕРТНЫЙ ЭЛЕКТРОД – ТВЕРДЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ ИМПУЛЬСНЫМ ГАЛЬВАНОСТАТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ 12

НАУКИ О ЗЕМЛЕ
Алиев Ш. М., Акавова Г. К. ИСТОРИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН 25
Атаев З. В., Джамирзоев Г. С., Гюльмагомедов А. М., Фролов Д. А. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ОСТРОВА ТЮЛЕНИЙ КАК ОТКЛИК НА СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ 34
Башкаев А. М., Онищенко В. В., Чомаева М. Н. ТРАНСФОРМАЦИЯ ДОМБАЙСКО-ГОНАЧХИРСКОЙ ДЕСТИНАЦИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ 41
Даукаев А.А., Дадашев Р. Х., Гацаева Л.С., Гакаев Р.А. УРБАНИЗАЦИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ (НА ПРИМЕРЕ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ) 51
Жигалин А. В., Муташев Б. А., Гаджиев А. А. БИОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И ЛИТОГЕННАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ УБЕЖИЩ РУКОКРЫЛЫХ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ ДАГЕСТАНА 61
Кохан Ю. С., Иванова Е. Ю. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ РЕКИ ВОРОНЕЖ В ГОРОДЕ ЛИПЕЦКЕ И ЕГО ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЕ БИОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ 72
Липина Л. Н., Кононов Ю. В. НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ЗЕМЛЯХ ЛЕСНОГО ФОНДА В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ 79
Харин К. В., Важенский В. Р. МОНИТОРИНГ ЧИСЛЕННОСТИ ДИКИХ КОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ 89
Жарашуев М. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОЖНЫХ МОЛНИЕВЫХ РАЗРЯДОВ, ЗАФИКСИРОВАННЫХ СЕВЕРОКАВКАЗСКОЙ ГРОЗОПЕЛЕНГАЦИОННОЙ СЕТЬЮ 108

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ 115

CONTENTS

CHEMICAL SCIENCES

Gasanaliev A. M. METHODS OF ENERGY STORAGE USING MELTS 5

Guseynov R. M., Salpagarova Z. I., Voropaeva L. V. CHARGING KINETICS OF THE INERT ELECTRODE – SOLID ELECTROLYTE INTERFACE USING A PULSED GALVANOSTATIC METHOD 12

EARTH SCIENCE

Aliev Sh. M., Akavova G. K. HISTORICAL AND GEOGRAPHICAL ANALYSIS OF THE ECONOMIC DEVELOPMENT IN THE REPUBLIC OF DAGESTAN 25

Ataev Z. V., Dzhamirzoev G. S., Gyulmagomedov A. M., Frolov D.A. SPATIOTEMPORAL DYNAMICS OF TYULENIY ISLAND AS A RESPONSE TO CURRENT CLIMATE AND CASPIAN SEA LEVEL CHANGES 34

Bashkaev A. M., Onishchenko V. V., Chomaeva M. N. TRANSFORMATION OF THE DOMBAY-GONACHKHIR DESTINATION IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE AND RECREATIONAL PRESSURE 41

Daukaev A. A., Dadashev R. Kh., Gatsaeva L. S., Gakaev R. A. URBANIZATION AND GEOECOLOGICAL ISSUES: HISTORY AND MODERNITY (USING THE EXAMPLE OF THE CHECHEN REPUBLIC) 51

Zhigalin A. V., Mutashev B. A., Gadzhiev A. A. BIOGEOGRAPHIC SIGNIFICANCE AND LITHOGENIC CONDITIONING OF UNDERGROUND BAT SHELTERS IN THE FOOTHILL ZONE OF DAGESTAN 61

Kokhan Yu. S., Ivanova E. Yu. ASSESSING WATER POLLUTION IN THE VORONEZH RIVER IN LIPETSK AND ITS SUBURBAN AREA USING BIOLOGICAL METHODS 72

Lipina L. N., Kononov Yu. V. SOME APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS ON FOREST FUND LANDS IN THE TRANS-BAIKAL TERRITORY 79

Kharin K. V., Vazhensky V. R. MONITORING THE POPULATION OF WILD UNGULATES IN THE STAVROPOL TERRITORY 89

Zharashuev M. V. RESEARCH OF FALSE LIGHTNING DISCHARGES RECORDED BY THE NORTH CAUCASUS THUNDER-TRACKING NETWORK 108

RULES FOR AUTHORS 115

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Химические науки / Chemical Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 544.344
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-5-12
EDN: CFRCWZ

Способы накопления энергии с использованием расплавов

© 2025**Гасаналиев А. М.**✉
Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова
Махачкала, Россия, abdulla.gasanaliev@mail.ru

РЕЗЮМЕ. В последние десятилетия наблюдается повышенный интерес к расплавам как к термоаккумулирующим материалам (ТАМ) со способностью к обратимому и необратимому аккумулированию. Разработка тепловых аккумуляторов (ТА), используемых в качестве рабочего тела безводных неорганических веществ (БНВ), началась интенсивно в середине 70-х гг. и характеризуется их широким внедрением в промышленность, транспорт, бытовые приборы и процессы, где требуется отвод и подача тепла. **Целью** работы был поиск рабочих материалов для энергосбережения. В основе всех физико-химических и материаловедческих работ по поиску теплоаккумулирующих материалов лежат фазовые равновесия и фазовые диаграммы. **Методы.** Для эксперимента использованы современные комплексные методы физико-химического анализа, в частности, визуальный политермический анализ (ВПА), дифференциальный политермический анализ (ДПА), рентгенофазовый анализ (РФА). Синхронный термический анализ (STA) 409 (Luxx) от Netsch использовался для многих композиций. **Результаты.** Экспериментально изучены диаграммы плавкости многокомпонентных систем, выявлены новые составы по результатам топологического анализа. Для этих композиций были определены все свойства: теплофизические, термохимические и термодинамические. Выбранные составы дешевы и устойчивы к коррозии. **Выводы.** Разработана новая методика и установка по проведению лабораторных и полупромышленных испытаний образцов теплонакопителей, позволяющие провести оценку их химико-технологических характеристик. Теплоакумурирующие (ТА) композиции обладают лучшими теплофизическими и высококоррозинными свойствами.

Ключевые слова: аккумулирование, фазовое равновесие, теплонакопители, расплав, система, материаловедение, энергоемкость, плавление.

Формат цитирования: Гасаналиев А. М. Способы накопления энергии с использованием расплавов // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 3. С. 5-11. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-5-12. EDN: CFRCWZ

Methods of Energy Storage Using Melts

© 2025**Abdulla M. Gasanaliev** ✉
Dagestan State Pedagogical University named by R. Gamzatov
Makhachkala, Russia, abdulla.gasanaliev@mail.ru

ABSTRACT. In recent decades, there has been increased interest in melts as heat-storage materials (HSM) with the ability to reversibly and irreversibly accumulate. The development of heat accumulators (HA) using anhydrous inorganic substances (AIS) as a working fluid began intensively in the mid-1970^{s} and is characterized by their widespread implementation in industry, transport, household appliances and processes where

heat removal and supply are required. The **aim** of the paper was to find working materials for energy saving. Phase equilibria and phase diagrams form the basis of all physicochemical and materials science studies on the search for heat-accumulating materials. **Methods.** Modern integrated methods of physicochemical analysis were used for the experiment, in particular, visual polythermal analysis (VPA), differential polythermal analysis (DPA), and X-ray diffraction (XRD). Synchronous thermal analysis (STA) 409 (Luxx) from Netsch was used for many compositions. **Results.** The melting diagrams of multicomponent systems were experimentally studied, and new compositions were identified based on topological analysis. **Conclusions.** A new methodology and setup for laboratory and pilot-scale testing of heat storage samples have been developed, enabling the evaluation of their chemical and technological properties. Heat-accumulating (HA) compositions exhibit superior thermophysical and corrosion-resistant properties.

Keywords: accumulation, phase equilibrium, heat accumulators, melt, system, materials science, energy intensity, melting.

For citation: Gasanaliev AM. Methods of Energy Storage Using Melts. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(3):5-12 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-5-12. EDN: CFRCWZ

Введение

Безводные неорганические вещества (БНВ), т. е. расплавы, одни из старейших технических материалов. Традиционно в качестве основы материаловедения рассматривались диаграммы состояния многокомпонентных систем (МКС). Однако в изучении материалов необычайно расширяется, пополняется список областей их применения [1].

Заметно усилился интерес к расплавам как ТАМ, обладающим способностью обратимого и необратимого аккумулирования [2]. Разработка тепловых аккумуляторов (ТА), использующих в качестве рабочего тела БНВ, достаточно интенсивно началась с середины 70-х гг. и характеризуется их широким внедрением в промышленность, транспорт, бытовую технику и процессы, где требуется отвод и подвод теплоты [3].

Новые ТАМ произвели прогрессивный толчок в материаловедении ТА. По объему использования ТА с БНВ в качестве рабочих материалов занимают ключевое положение в области энергосбережения, о чем свидетельствуют многочисленные экспериментальные работы по разработке и внедрению в энергосистемы различных типов теплоаккумулирующих систем (ТАС) [2-7].

Действительно, новые ТАМ и ТА на их основе обладают лучшими теплофизическими свойствами наряду с дешевизной, высокой коррозионной стойкостью и эрозионной устойчивостью. ТАМ и связанные с ними технологии чрезвычайно наукоемки. Именно этим обусловлены интенсивные исследования в области теплофизики, термодинамики, термохимии, материаловедения и энергетики. Основой всех физико-химических и материаловедческих работ по поиску новых способов аккумулирования и ТАМ являются фазовые равновесия и фазовые диаграммы состояния, представленные в многочисленных публикациях.

Процедура поиска перспективных ТАМ заключается в выборе из справочников [9-10] по фазовым диаграммам МКС эвтектических смесей с заданными температурами плавления и последующей оценке их пригодности для целей аккумулирования. В большинстве случаев такая оценка проводится расчетными методами [10; 11], используя для этого данные о теплофизических и термодинамических свойствах исходных веществ [12].

В настоящее время ТАМ главным образом сводится к поиску МКС из справочников. Главный акцент делается на их пригодности для аккумулирования тепла. При этом, чтобы понять пригодность, необходимо провести расчеты, используя данные о теплофизических и термодинамических свойствах исходных веществ. Для этого необходимо учесть, что большинство данных о фазовых диаграммах были получены при решении различных технологических задач. В данном случае не ставилась задача об использовании данных для решения энергетических задач.

Основными энергетическими характеристиками накопителей энергии является коэффициент воспроизводства энергии при разрядке накопителя Q6 и энергонапряженность аккумулирующих емкостей

Wg, т. е. удельная выработка электроэнергии за один цикл разряда, θ отнесенная к единице объема накопителя [13].

Наиболее эффективно применение энергии в октопиковом режиме разрядки [14]. Говоря о тепловых потерях и возможностях длительности хранения теплоты, следует иметь в виду масштабный фактор. Дело в том, что всякий ТА хранит теплоту во всем объеме, а теряет ее во всякой внешней поверхности. Поэтому разработки и исследования ТАМ в АФП показали, что эффективность ТАМ зависит от уровня переохлаждения ниже температуры фазового перехода от проявления расслоения фаз (сегрегация) при работе кристаллов. Чтобы теплота фазового перехода использовалась более полно, необходимо добиваться минимального переохлаждения при кристаллизации ТАМ.

Дальнейшая разработка ТА направлена на их совершенствование в энергетическом и технологическом плане. В процессе эксплуатации этих устройств намечается отработка идеальных узлов и подсистем. В настоящее время разработка ТА низкого давления связана с решением вопросов коррозийной совместимости ТАМ, ТН и конструкционных материалов, интенсификации тепло- и массообмена; необходимо ввести поиск новых материалов, а также физико-химических, термодинамических, технико-экономических характеристик.

Главной нерешённой задачей остается отсутствие надежных термодинамических свойств новых веществ и материалов, необходимых для оценки их теплоаккумулирующей способности и пригодности в целях энергосбережения. Рост общего числа известных ТАМ и рекомендуемых соединений значительно опережает увеличение количества веществ с изученными теплофизическими и термодинамическими параметрами. Для решения теоретических и прикладных задач к широкому использованию тепловых аккумуляторов является изученность вопросов, касающихся тепловой изоляции от окружающей среды, разработок, моделей, расчета, тепло- и массопереноса в гетерогенных системах, повышение эффективности воспроизводства электроэнергии и энергонапряженности аккумуляторов (схема 1).

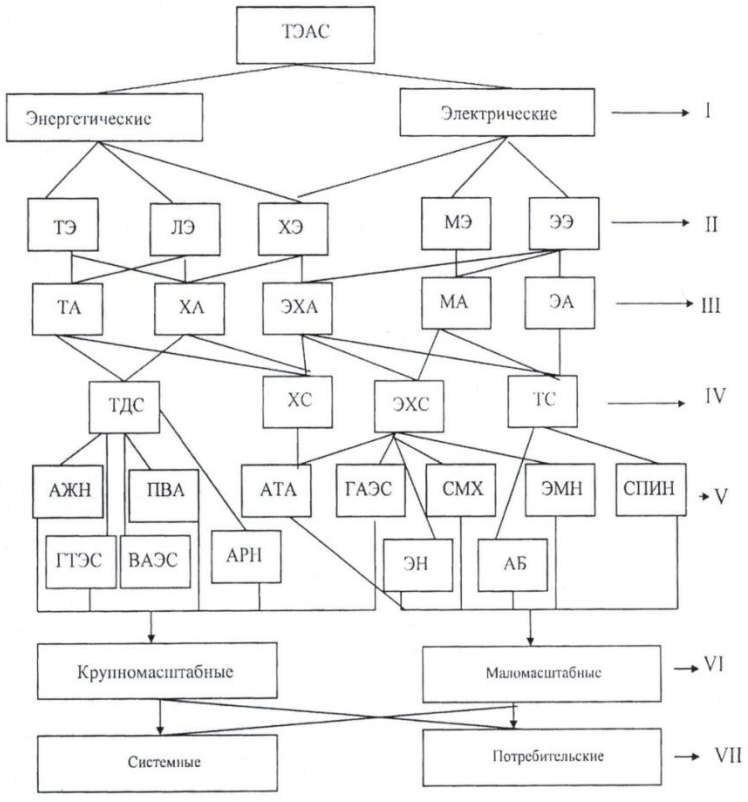


Схема. 1. **Классификация теплоаккумулирующих систем**
I – характер накопления,
II – вид аккумулируемой энергии,
III – тип аккумулятора,
IV – аккумулирующее свойство накопителя,
V – теплоэнергоноситель,
VI – масштабы аккумулирования,
VII – назначение аккумулированой энергии.
Scheme. 1. Classification of thermoaccumulating systems
I is accumulation type,
II is type of accumulated energy,
III is accumulator type,
IV is accumulator storage property,
V is heat carrier,
VI is accumulation scale,
VII is purpose of accumulated energy.

В работе обобщены и систематизированы сведения о физико-химических свойствах индивидуальных БНВ и n-компонентных композиций на их основе, которые используются (рекомендуются) или могут быть использованы для получения новых ТАМ с заданными свойствами; выполнены экспериментальные исследования по физико-химическому анализу оксидно-солевых систем с целью разработки расплавов-теплонакопителей.

В соответствии с поставленной целью определены следующие теоретические и экспериментальные задачи:

– развитие физико-химических методов преобразования энергии и способов аккумулирования тепла;

– разработка ряда теоретических положений, обеспечивающих возможность прогнозирования и моделирования теплоаккумулирующих свойств расплавов;

– химическая классификация и систематизация характеристик энергоемких процессов и материалов на базе неорганических расплавов;

– исследование сложных систем для синтеза композиций с регламентируемыми свойствами.

Материалы и методы исследования

Для экспериментальных исследований были выбраны соли щелочных и щелочноземельных металлов с учетом не только методологических задач, но и возможностью их использования в практических целях. Кроме того, эти системы представляют собой модельные объекты для исследования топологии фазовых диаграмм, проявления комплексообразования и изучения закономерностей химических превращений. В настоящее время в химии и технологии использования солевых расплавов актуальным является для изучения топологических моделей их МКС; выявление возможных областей применения; экспериментальное исследование и теоретическое изучение диаграмм «свойство – свойство», достоверное знание которых необходимо для научных исследований и технологических расчетов. Хотя солевые композиции являются ценными материалами и находят широкое применение во многих отраслях, на практике встречаются много трудностей в связи с отсутствием данных о взаимосвязи структуры и свойств многокомпонентных систем. И сегодня эта проблема остается актуальной в связи с отсутствием надежных данных о топологии и других методах изучения МКС.

Впервые проведена научная систематизация теплоаккумулирующих свойств БНВ, которая позволила разработать комплекс способов и методов аккумулирования.

Проведена классификация расплавов – накопителей с оценкой возможных видов преобразуемой энергии и выделено восемь характеристических групп, включающих по 2-7 типов, различающихся по физико-химическим критериям. На схеме 2 приведены теплоаккумулирующие свойства неорганических расплавов.

Для эксперимента применяли платиновые микротигли с комплексом методов физико-химического анализа, в частности, дифференциально-политермического анализа (ДТА) [16], визуально-политермического анализа (ВПА) [17] и проекционно-термического метода (ПТГМ) [18], а измерителем температуры служили Pt/PtRh термометры. Для записи кривых ДТА применяли установку на базе электронного автоматического потенциометра КСП-4 с усилителем напряжения F-116. Градуировка установки проведена по температурам фазовых переходов индивидуальных солей и их эвтектических смесей [19].

На установке синхронного термического анализатора STA 409PC (Luxx) фирмы «Netsch» выполнили дериватографический анализ, предназначенный для одновременного измерения температуры, а также регистрации изменений навесок в широком диапазоне температур (25-1500 °C). Контроль за ходом измерения осуществляли встроенным процессором, подсоединенным к персональному компьютеру.

Рентгенофазовый анализ (РФА) проводили на дифрактометре ДРОН-2.0 [19], а также проводили идентификацию фазовых составов по таблицам Геллера и картотеке ASTM [20]. Найдены все нонварианты точек в системе.

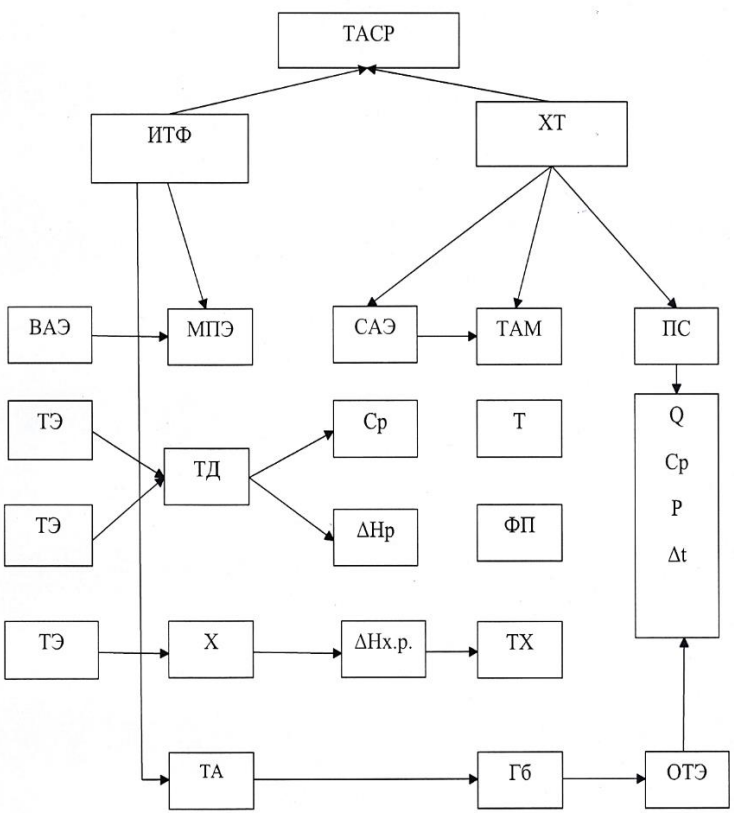


Схема 2. **Теплоаккумулирующие свойства неорганических расплавов**
ВАЭ – вид аккумулирующей энергии;
МПЭ – метод преобразования энергии;
САЭ – способ аккумулирования энергии;
ИС – исследование свойств;
ИНЭ – использование накопленной энергии;
ОТЭ – оценка тепловой эффективности.
Scheme 2. Thermoaccumulating properties of inorganic melts
ВАЭ is type of storage energy;
МПЭ is energy conversion method;
САЭ is a method of energy accumulation; ИС is research of properties;
ИНЭ is use of stored energy;
ОТЭ is thermal efficiency assessment.

Результаты и их обсуждение

Применением физико-химических свойств изученных двойных, двухкомпонентных, тройных, трехкомпонентных систем, в частности $Na_2W_2O_7 - Na_4Cr_2O_{11}ЭO_3$, $Na_2ЭO_4 - Na_2CrO_4 - ЭO_3$, $K_2CrO_4 - K_2ЭO_4 - K_2O(K_2CO_3)$, $Э - M, Cr\ W -$, уточнены поля кристаллизации исходных компонентов и полученных соединений. Для этих систем изучены все фазовые превращения, построены диаграммы плавкости, найдены все нонвариантные точки.

Для системы $K_2O - CrO_3 - W(M_o)O_3Na(K)_2CrO_3 - W(M_o)O_3$ проведена триангуляция, в результате выявлены триангулирующие сечения.

Впервые изучена тройная оксидная система $Na(K)_2CrO_3 - W(M_o)O_3$.

Проведен топологический анализ граневых элементов тройной системы с последующей ее триангуляцией, выявили, что в ней реализуются двойные двухкомпонентные, а также тройные и трехкомпонентные системы. Также выявили закономерности топологии и фазообразования в системе и создана научная основа химической технологии. В рамках общего алгоритма исследования многокомпонентных систем с использованием разработанных методов проведен топологический анализ системы [21].

Топологический образ фазовой диаграммы, построенной сочетанием данных ограняющих ее элементов, характеризуются наличием конгруэнтно инконгруэнтно плавящихся соединений. Для некоторых соединений провели твердофазный синтез, при котором ковалентно связаны на твердом носителе и синтезированы шаг за шагом в данном реакционном сосуде.

В результате очерчены поля кристаллизации исходных компонентов и полученных фаз, выявленных по результатам эксперимента. Для них провели РФА. По результатам эксперимента и топологического анализа построили окончательную модель тройной оксидной системы $Na_2O - CrO_3 - WO_3$.

По результатам экспериментальных исследований МКС можно сделать следующие выводы:

– впервые экспериментально изучены граневые элементы оксидных систем, являющихся двойными, двухкомпонентными, тройными, трехкомпонентными оксидно-солевыми системами;

– впервые проведена триангуляция МКС;

– построены фазовые модели диаграмм плавкости;

– для систем выявили образование и распад изоморфных фаз и полисоединений;

– для разработки материалов с регламентирующими свойствами предложены оксидные фазы;

– впервые по результатам экспериментального изучения диаграмм состояния и физико-химических свойств солевых систем предложен метод синтеза твердых растворов с заданным соотношением, позволяющий снизить энергетические затраты (температура синтеза ниже на 30-200 °С, чем у аналогов).

Заключение

По результатам экспериментальных работ получены новые составы расплавов. Для подтверждения методов их получения необходимо провести лабораторные и полупромышленные испытания. Новые ТАМ и ТА на их основе обладают более лучшими теплофизическими свойствами. Они обладают дешевизной, высокой коррозийной стойкостью и эрозийной устойчивостью. Для оценки теплоаккуммулирующих особенностей впервые экспериментально изучены физико-химические свойства композиционных солевых расплавов, на базе исследования систем определена температура плавления (105-185 °С), термической устойчивости расплавов (290-1000°С) энтальпия фазового перехода (113-601 КДж/моль), плотность (2002-2525 кг/см^3).

ТАМ и связанные с ним технологии являются чрезвычайно важным для определения свойства расплавов. Поэтому нами продолжаются исследования в области теплофизики, термодинамики, термохимии, материаловедения и энергетики. Основой всех физико-химических и материаловедческих работ по поиску новых способов аккумулирования и ТАМ являются фазовые равновесия и фазовые диаграммы состояния.

Список источников

1. Лялик Г. А., Урванцев В. И. Перспективы выравнивания графиков электрических нагрузок энергосистем // Принципы и методические основы проектирования ЕЭС СССР: сборник научных трудов. М.: Энергосетьпроект, 1985. С. 59-65.

2. Ахмедов Р. Б. Актуальные проблемы выравнивания неравномерности производства и потребления энергии // Аккумулирование энергии и пути повышения эффективности работы электростанции и экономии энергии: материалы Всесоюзного научно-технического совещания. Ч. 1: Аккумулирование энергии в электроэнергетике. М.: ЭНИН, 1986. С. 7-13.

3. Пузин Г. Н., Староженко Н. Н., Старченко В. И. Основные способы аккумулирования энергии // Энергетическое строительство за рубежом. 1986. № 1. С. 7-12.

4. Ершевич В. В., Кирьянова Н. А. Крупные электроаккумулирующие установки // Энергетика и транспорт. 1995. № 1. С. 16-24.

5. Ершевич В. В., Лялик Г. Н. Роль аккумулирования в развитии ЭЕС СССР // Аккумулирование энергии и пути повышения эффективности работы электростанции и экономии энергии: материалы Всесоюзного научно-технического совещания. М.: ЭНИН, 1986. Ч. 1. С. 13-21.

6. Стирикович М. А., Шпильрамин Э. Э., Энергетика. Проблемы и перспектива. М.: Энергия, 1981. С. 124-146.

7. Ерщевич В. В., Пейсахович В. Я., Кирьянова Н. А. К расчету экономической эффективности аккумулирования энергии в энергосистемах // Энергетические станции. 1985. Ч. 1. С. 17-40.

References

1. Lyalik GA, Urvantsev VI. Prospects for balancing the schedules of electrical loads in power systems. *Principles and Methodological Foundations of Designing the Unified Power System of the USSR: Collection of Scientific Papers*. Moscow: Energosetproekt, 1985:59-65. (In Russ)

2. Akhmedov RB. Actual problems of balancing the unevenness of energy production and consumption. *Energy Accumulation and Ways to Improve the Efficiency of Power Plants and Save Energy: Proceedings of the All-Union Scientific and Technical Conference. Part 1: Energy Accumulation in the Electric Power Industry.* Moscow: ENIN, 1986:7-13. (In Russ)

3. Puzin G, Starozhenko NN, Starchenko VI. Main methods of energy accumulation. *Energetichеskoe Stroitelstvo za Rubezhom.*1986(1):7-12. (In Russ)

4. Ershevich VV, Kiryanova NA. Large-scale energy storage systems. *Energetika i Transport.* 1995(1):16-24. (In Russ)

5. Ershevich VV, Lyalik GN. The Role of storage in the development of the USSR electric power system. *Energy Storage and Ways to Improve the Efficiency of Power Plants and Save Energy: Proceedings of the All-Union Scientific and Technical Conference*. Moscow: ENIN, 1986;1:13-21. (In Russ)

6. Stirikovich MA, Shpilramin EE., Power engineering. Issues and Prospects. Moscow: Energy, 1981:124-146. (In Russ)

7. Ershchevich VV, Peisakhovich VYa, Kiryanova NA. On calculating the economic efficiency of

8. Крилин В. А. Энергетика. Главные проблемы (в вопросах и ответах). М.: Знание, 1990. С. 88-95.

9. Магомедов А. М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Махачкала: Юпитер, 1996. 265 с.

10. Резницкий Л. А. Теплоаккумулирующие вещества и процессы // Журнал неорганической химии. 1998. Т. 43. № 8. С. 1288-1298.

11. Гасаналиев А. М., Гаматаева Б. Ю. Методологические основы теплового аккумулирования с использованием расплавов. СПб: ВИНИТИ 21.06.99. № 1969-В99, 48 с.

12. Гасаналиев А. М., Гамматаева Б. Ю. Теплоаккумулирующие свойства расплавов // Успехи химии. 2000. Т. 69. № 2. С. 192-200. DOI: https://doi.org/10.1070/RC2000v069n02ABEH000490

13. Волков Е. Ф., Воронков М. Е. Перспективные системы аккумулирования теплоты для энергетических установок // Аккумулирование энергии и пути повышения эффективности работы электростанции и экономии энергии: материалы Всесоюзного научно-технического совещания. М.: ЭНИН, 1986. Ч. 2. С. 22-26.

14. Воронков М. Е., Глюза А. Г., Чаховский В. М. Аккумулирование тепла в системах теплоснабжения с АТЭЦ // Методы комплексной оптимизации установок по преобразованию тепловой и атомной энергии в электрическую: материалы Всесоюзного научного семинара. М.: Информэнерго, 1984. С. 141-145.

15. Берг Л. Г. Введение в термографию. 2-е изд., доп. М.: Наука, 1969. 395 с.

16. Бергман А. Г. Политермический метод изучения сложных соляных систем // Труды IV Всесоюзного Менделеевского съезда по теоретической и прикладной химии. Харьков-Киев. ГНТИ, 1935. Т. 2. № 1. С. 631-637.

17. Космынин А. С. Проекционно-термографический метод исследования гетерогенных равновесий в конденсированных многокомпонентных системах: дис. ... канд. хим. наук. Куйбышев, 1977, 207 с.

18. Уэнландт У. У. Термические методы анализа / пер. с англ. под ред. В. А. Степанова, В. А. Берштейна. М.: Мир, 1978. 526 с.

19. Ковба Л. М., Трунов В. К. Рентгенофазовый анализ. — 2-е изд., доп. и перераб. М.: МГУ, 1976. 232 с.

20. Гиллер Я. Л. Таблицы межплоскостных расстояний: в 2 т. Т. 2. Никелевый, медный, молибденовый и серебряный аноды. М.: Недра, 1966, 360 с.

21. Гасаналиев А. М., Ахмедова П. А. Дифференциация многокомпонентных систем. М.: Еполиграф, 2011, 145 с.

energy storage in power systems. *Energeticheskie Stantsii*. 1985;1:17-40. (In Russ)

8. Krilin VA. Power engineering. Main problems (in Questions and Answers). Moscow: Znanie, 1990:88-95. (In Russ)

9. Magomedov AM. Non-traditional renewable energy sources. Makhachkala: Jupiter, 1996:265. (In Russ)

10. Reznitsky LA. Heat-storage substances and processes. *Zhurnal Neorganicheskoy Khimii*. 1998;43(8):1288-1298. (In Russ)

11. Gasanaliev AM, Gamataeva BYu. Methodological foundations of heat accumulation using melts. St. Petersburg: VINITI 21.06.99(1969-B99):48. (In Russ)

12. Gasanaliev AM, Gamataeva BYu. Heat-accumulating properties of melts. *Uspekhi Khimii*. 2000;69(2):192-200. (In Russ). DOI: https://doi.org/10.1070/RC2000v069n02ABEH000490

13. Volkov EF, Voronkov ME. Promising heat accumulation systems for power plants. *Energy Accumulation and Ways to Improve Power Plant Efficiency and Save Energy: Proceedings of the All-Union Scientific and Technical Conference.* Moscow: ENIN, 1986;2:(22-26). (In Russ)

14. Voronkov ME, Glyuza AG, Chakhovsky VM. Heat accumulation in heat supply systems with nuclear power plants. *Methods of Integrated Optimization of Installations for the Conversion of Thermal and Nuclear Energy into Electrical Energy: Proceedings of the All-Union Scientific Seminar.* Moscow: Informenergo, 1984:141-145. (In Russ)

15. Berg LG. Introduction to thermography. 2nd ed., enlarged. Moscow: Nauka, 1969:395. (In Russ)

16. Bergman AG. Polythermal method for studying complex salt systems. *Proceedings of the 4th All-Union Mendeleev Congress on Theoretical and Applied Chemistry.* Kharkov-Kyiv. GNTI, 1935;2(1):631-637. (In Russ)

17. Kosmynin AS. Projection-thermographic method for studying heterogeneous equilibria in condensed multicomponent systems: Ph.D. thesis (Chemistry). Kuibyshev, 1977:207. (In Russ)

18. Wenlandt WU. Thermal methods of analysis. Transl. from English by V. A. Stepanov, V. A. Bershtein. Moscow: Mir, 1978:526. (In Russ)

19. Kovba LM, Trunov VK. X-ray phase analysis. 2nd ed., revised and enlarged. Moscow: Moscow State University, 1976:232. (In Russ)

20. Giller YaL. Tables of interplanar distances: in 2 vols. Vol. 2. Nickel, copper, molybdenum and silver anodes. Moscow: Nedra, 1966:360. (In Russ)

21. Gasanaliev AM, Akhmedova PA. Differentiation of multicomponent systems. Moscow: Epoligraf, 2011:145. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ
Принадлежность к организации
Гасаналиев Абдулла Магомедович, профессор, доктор химических наук, заслуженный деятель науки РФ, директор научно-исследовательского института общей и неорганической химии, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, abdulla.gasanaliev@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR
Affiliation
Abdulla M. Gasanaliev, Professor, Doctor of Science (Chemistry), Honored Scientist of Russia, Director, Research Institute of General and Inorganic Chemistry, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, abdulla.gasanaliev@mail.ru

Конфликт интересов
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest
The author declares no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 27.06.2025
Одобрена после рецензирования 28.08.2025
Принята к публикации 02.10.2025

The article was submitted 27.06.2025
Approved after reviewing 28.08.2025
Accepted for publication 02.10.2025

Химические науки / Chemical Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 541.135.4:51-74
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-12-24
EDN: CKPFND

Кинетика заряжения границы инертный электрод – твердый электролит импульсным гальваностатическим методом

© 2025**Гусейнов Р. М.**[1], **Салпагарова З. И.**[✉2], **Воропаева Л. В.**[3]
[1]Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова
Махачкала, Россия, rizvanguseynov@mail.ru
[2]Карачаево-Черкесский государственный университет им. У. Д. Алиева
Карачаевск, Россия, salpagarova.zulfiya@mail.ru[✉]
[3]Самарский государственный технический университет
Самара, Россия, ludmilav2@yandex.ru

Резюме. Цель. Изучение кинетики заряжения границы «инертный электрод – твердый электролит». **Методы.** Метод операторного импеданса, гальваностатический импульсный. **Результаты.** Для трех различных механизмов процесса заряжения границы «инертный электрод – твердый электролит» получены кинетические соотношения «потенциал – время» импульсного гальваностатического метода их исследования. **Выводы.** Для электрохимических ячеек с твердыми электролитами предложены эквивалентные электрические схемы и разработана специальная методика их исследования импульсными релаксационными методами. Предложен графический метод определения параметров эквивалентных электрических цепей электрохимических ячеек с твердым электролитом.

Ключевые слова: инертный электрод, электрохимическая ячейка, операторный импеданс, эквивалентная электрическая цепь.

Формат цитирования: Гусейнов Р. М., Салпагарова З. И., Воропаева Л. В. Кинетика заряжения границы инертный электрод – твердый электролит импульсным гальваностатическим методом // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 3. С. 12-24. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-12-24. EDN: CKPFND

Charging Kinetics of the Inert Electrode – Solid Electrolyte Interface Using a Pulsed Galvanostatic Method

© 2025**Rizvan M. Guseynov**[1], **Zulfiya I. Salpagarova**✉[2], **Lyudmila V. Voropaeva**[3]
[1]Gamzatov Dagestan State Pedagogical University
Makhachkala, Russia, rizvanguseynov@mail.ru
[2]Umar Aliyev Karachay-Cherkess State University
Karachayevsk, Russia, salpagarova.zulfiya@mail.ru✉
[3]Samara State Technical University
Samara, Russia, voropaeva.lv@samgtu.ru

ABSTRACT. Study of the charging kinetics of the inert electrode – solid electrolyte interface. **Methods.** Operator impedance method, galvanostatic pulse method. **Results.** Potential – time kinetic relationships were obtained for three different mechanisms of the inert electrode – solid electrolyte interface charging using a pulsed galvanostatic method. **Conclusions.** Equivalent electrical circuits were proposed for electrochemical cells with solid electrolytes, and a special methodology for studying them using pulse relaxation methods was developed. It was also proposed a graphical method for determining the parameters of equivalent electrical circuits of electrochemical cells with solid electrolytes.

Keywords: inert electrode, electrochemical cell, operator impedance, equivalent electrical circuit.

For citation: Guseynov RM, Salpagarova ZI, Voropaeva LV. Charging Kinetics of the Inert Electrode – Solid Electrolyte Interface Using a Pulsed Galvanostatic Method. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(3):12-24. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-12-24. EDN: CKPFND

Введение

При изучении электрохимической ячейки ионикса основным требованием, предъявляемым к ней, с одной стороны, является полная обратимость, т. е. большая величина тока обмена серебряного электрода, а с другой – идеальная поляризуемость инертного электрода (угольного или графитового), при отсутствии токов утечки на границе с инертным электродом [1]. Выполнение последнего условия зависит как от химической природы материала инертного электрода, так и от чистоты применяемых образцов твердых электролитов, иначе говоря, от наличия или отсутствия у них электронной составляющей проводимости [2]. Наличие заметной доли электронной составляющей проводимости у твердого электролита приводит к утечке заряда конденсатора, образующегося на границе «твердый электролит – инертный электрод» [3].

Материалы и методы исследования

Для решения поставленной задачи нами применялся метод операторного импеданса. Его сущность сводится к использованию эквивалентных электрических цепей, широко применяемых в методе переменного тока в импульсных релаксационных методах – гальваностатическом, потенциостатическом, вольтастатическом и методе линейной развертки потенциала тока и т. д.

Методом операторного импеданса в двух режимах (импульсном гальваностатическом и импульсном потенциостатическом) исследована кинетика процесса заряжения границы инертный электрод/твердый электролит в случае сферического или цилиндрического электрода [3]. Рассмотрен случай замедленной диффузии и адсорбции – десорбции неосновных носителей (дефектов жесткой подрешетки) твердого электролита, справедливый для относительно больших времен заряжения исследуемой границы. Проведен сопоставительный анализ полученных кинетических соотношений потенциал – время и ток – время с аналогичными выражениями, выведенными ранее для плоского инертного электрода. Проведенный анализ показал, что кинетические соотношения «ток –

время» и «потенциал – время», описывающие процесс заряжения границы «инертный или блокированный электрод/твердый электролит», функционально отличаются друг от друга в случае плоской инертной границы с одной стороны и сферической границы с другой. Этот факт является следствием того обстоятельства, что импеданс электрохимической ячейки, помимо других характеристик и величин их параметров, зависит также и от типа или геометрической формы применяемых в них электродов [4]. Исследовано поведение блокированного (инертного) электрода, контактирующего с твердым электролитом, в гальваногармоническом режиме заряжения границы электрод/твердый электролит. В качестве эквивалентной электрической схемы использована модель Джекобсона – Веста, справедливая для относительно больших времен или малых частот переменного тока. Осуществленный расчет импеданса блокированного электрода и его разделения на активную и реактивную составляющие справедлив для относительно низких частот переменного тока. Следует отметить, что использованный в данной работе метод вычисления и разделения импеданса на составляющие отличается простотой и наглядностью, что делает операционные методы при анализе свойств цепей переменного тока особенно привлекательными [4].

Также методом операторного импеданса в импульсном потенциостатическом режиме проанализирована кинетика процесса формирования электрического слоя на границе «блокированный (инертный) электрод/твердый электролит» для всех трех типов электродов (плоского, сферического и цилиндрического). Показано, что в случае замедленной диффузии и адсорбции – десорбции дефектов жесткой подрешетки твердого электролита аналитические соотношения «ток – время» функционально отличаются друг от друга в случае малых времен заряжения (больших частот переменного тока), с одной стороны, и в случае больших времен заряжения (малых частот переменного тока) – с другой [5]. Была изучена кинетика процесса заряжения границы блокированный (инертный) «пористый электрод – твердый электролит» в импульсном гальванодинамическом и импульсном потенциодинамическом режимах в случае больших времен методом операторного импеданса. Получены аналитические соотношения зависимости тока и потенциала от времени заряжения пористого инертного (блокированного) электрода с твердым электролитом, справедливые для относительно больших времен функционирования электрохимической системы в гальванодинамическом и потенциодинамическом режимах [6].

Методом операторного импеданса изучена кинетика заряжения границы блокированный (инертный) «пористый электрод – твердый электролит» в импульсном гальванодинамическом и импульсном потенциодинамическом режимах. Получены аналитические выражения зависимости тока и потенциала от времени в гальванодинамическом и потенциодинамическом режимах заряжения границы «блокированный электрод – твердый электролит». Графоаналитическим методом установлено, что ток через пору пористого электрода возрастает пропорционально корню квадратному из времени. Такая же пропорциональная зависимость между временем заряжения наблюдается и для потенциала инертного пористого электрода с твердым электролитом [7]. Изучено поведение серебряного электрода, обратимого по неосновным носителям, в сульфатном твердом электролите, а также в соответствующем ионном расплаве в гальванодинамическом режиме. Методом операционного импеданса получено аналитическое выражение зависимости потенциала межфазной границы «электрод – твердый электролит» или соответствующий ионный расплав от времени в гальванодинамическом режиме функционирования электрохимической ячейки [8].

Метод операторного импеданса может быть применен в случае анализа электрохимической ячейки и может работать в электролитах с разным содержанием серебра, но при очень низких концентрациях ионов серебра наблюдаются существенные отклонения от классической эквивалентной электрической схемы. Это связано с обратимостью серебряного электрода по отношению к двум видам электрохимически активных частиц: ионам серебра и ионам кислорода [9]. Ещ раз отметим, что при очень низких концентрациях ионов серебра наблюдаются существенные отклонения от классической эквивалентной электрической схемы Эршлера –

Рэндлса. Кроме того, не выполняется уравнение Нернста для потенциала металлического (серебряного) электрода. Это связано с тем, что при малых концентрациях ионов серебра серебряный электрод выполняет ещё одну функцию – кислородную, что может привести к отшелучиванию или отслаивание покрытия. Увеличение концентрации ионов серебра в твердом электролите благоприятно влияет на анодный процесс: предельная плотность тока значительно увеличивается, уменьшается поляризация анода.

Поэтому исследования вольтамперных характеристик с одной стороны проводят в интервале потенциалов идеальной поляризуемости угольного электрода, и, с другой стороны, при соблюдении условий неразложения твердого электролита, которые предполагают величины потенциалов от 0 до 0,5В и скорость измения развёртки потенциала, равной 5 мВ/с [10]. Такие параметры применимы, например, для исследования характеристик твердого электролита Ag_4RbI_5.

Результаты и их обсуждение

Соединения на основе Ag_4MeI_5, где $Me - Rb$, Cs, K или NH_4 впервые были синтезированы и исследованы Бредли и Грином, Оуэнсом и Аргю в 1966-1967 гг. В последние годы эти соединения стали объектом интенсивного изучения. Особенно много внимания уделялось твердому электролиту Ag_4RbI_5, проводимость которого при комнатных температурах достигает $0,25-0,27 см^{-1}$. При этом электронная проводимость Ag_4RbI_5 ничтожно мала и составляет $10^{-8}-10^{-11} см^{-1}$.

Электропроводность твердых электролитов, как и жидких, в большинстве случаев измеряется на переменном токе. В основе метода лежит представление электрохимической ячейки с двумя одинаковыми электродами «Me/электролит/Me» в виде эквивалентной цепи переменного тока, содержащей электродный импеданс Z и объемное сопротивление электролита $R_э$. В свою очередь, электродный импеданс удобно представить, как последовательное соединение емкости двойного электрического слоя и активного сопротивления электролита, что аналитически выражается формулой

$$Z(\omega) = R_s + \frac{1}{j\omega C_s}, \qquad (1)$$

где R_s – активное сопротивление электролита, C_s – ёмкость двойного электрического слоя, ω – угловая частота, j – мнимая единица.

Так как R_s и $R_э$ включены последовательно, то любые изменения при фиксированной частоте могут дать лишь активную составляющую R полного импеданса ячейки, равную сумме

$$R = R_s + R_э. \qquad (2)$$

Сопротивления R_s и $R_э$ в общем случае зависят от частоты, от площади поверхности контакта «электрод – электролит», состояния этой поверхности и т. п. Поэтому, (2) можно записать в виде: $R = \rho \cdot \frac{l}{s} + 2\frac{\theta}{s}$, где ρ – удельное сопротивление электролита, θ – эффективное сопротивление единицы видимой поверхности контакта «электрод – электролит»; l, S – толщина и площадь его поперечного сечения. Величина θ практически всегда уменьшается с ростом частоты ω. Поэтому при достаточно больших частотах переменного тока и при работе с плохо проводящими ионными кристаллами (например, со щелочными галогенидами) слагаемым $2\frac{\theta}{s}$ можно пренебречь и считать, что $R = \frac{\rho l}{s}$, $\omega \to \infty$.

Признаком применимости полученного соотношения является независимость измеренного сопротивления от частоты. В тех случаях, когда проверялось наличие дисперсии сопротивления, как правило, оказывалось, что частотной зависимостью пренебречь нельзя, и для получения более или менее адекватных результатов приходилось повышать частоту переменного тока.

Величина поляризационного сопротивления зависит от качества контакта «электрод – электролит» и от материала электродов. Поэтому, выбор электродов и спо-

соба их нанесения является едва ли не главной проблемой при измерениях проводимости. С конструкторской точки зрения различают жидкие и твердые электроды. При использовании «жидких электродов», например, $Na/Na_2O \cdot 10Al_2O_3$ или $Na - Hg/Na_2O \cdot 10Al_2O_3$, возникает проблема смачивания твердого электролита жидким металлом. Другая проблема, связанная с жидкими контактами, это химическое взаимодействие металла контакта с электролитом. Например, при использовании электродов из амальгамированного серебра в контакте с Ag_4RbI_5 происходит разрушение твердого электролита. Простейший способ избежать разрушения электролита – это применение механических контактов металла с электролитом. Поверхность твердого тела не может быть абсолютно гладкой, и если металл и электролит обладают большой твердостью, то соприкосновение их происходит не более чем в трех точках.

Для изучения кинетики образования двойного электрического слоя на границе «инертный электрод – твердый электролит», рассмотрим электрохимическую систему:

$$(-)\ Ag/Ag_4RbI_5/C, \qquad (*)$$

где буквой C обозначается инертный электрод (угольный или графитовый). Согласно приведённой схеме (*), ячейка составлена из серебряного и угольного электродов, разделенных слоем, т. е. таблеткой твердого электролита Ag_4RbI_5.

Рассмотрим, как электрохимическая ячейка указанного выше типа применяется, например, в интеграторах, работа которых основана на эффекте поверхностного накопления заряда. Такие электрохимические приборы в технике получили название ониксов [11].

Процессы, протекающие в электрохимической ячейке Ag_4RbI_5 при ее заряжении схематически изображены на рис. 1. Т. е., на серебряном катоде происходят процессы электроосаждения серебра, чему способствует большая обратимость серебряного электрода по катионам серебра. На инертном электроде, аноде, происходит процесс образования двойного электрического слоя, т. е. формирование конденсатора [12]. Одна из обкладок этого конденсатора находится в твердом электролите и образована дефектами жесткой части решетки твердого электролита. Поскольку концентрация этих дефектов гораздо меньше, чем концентрация основных ионов проводимости твердого электролита (Ag^+ в твердом электролите Ag_4RbI_5), но коэффициенты их диффузии такого же порядка, как и в обычных ионных кристаллах, процесс формирования двойного электрического слоя на границе с инертным электродом испытывает диффузионные затруднения [13], наблюдается релаксация объемного заряда в твердых электролитах.

Поэтому процессы на границе «инертный электрод – твердый электролит» являются в данном случае определяющими (лимитирующими).

Исследование кинетики образования двойного электрического слоя на границе «инертный электрод – твердый электролит».

При заряжении ячейки на серебряном электроде происходит разряд ионов серебра, находящихся в твердом электролите Ag_4RbI_5, т. е.

$$Ag^+ + e \rightarrow Ag^0.$$

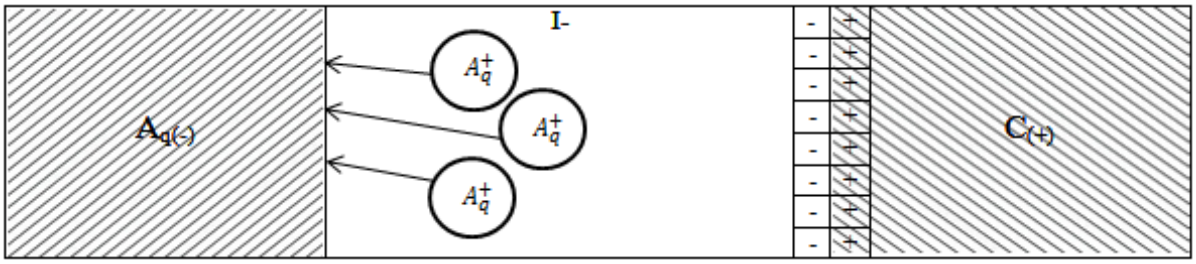


Рис. 1. **Схема заряжения ячейки Ag / Ag_4 Rb I_5 / C**
Fig. 1. Charging scheme of Ag / Ag_4 Rb I_5 / C cell

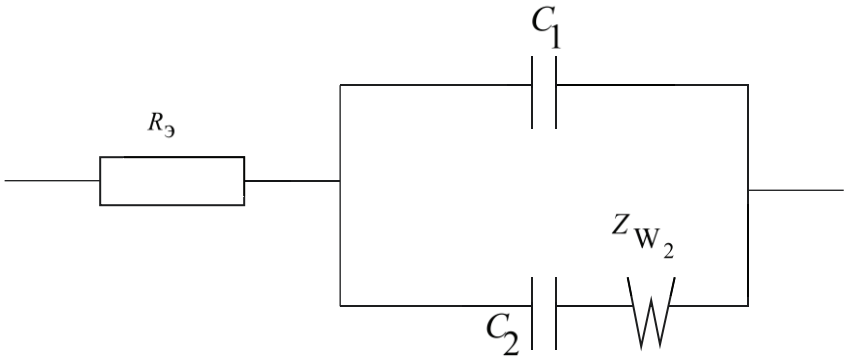


Рис. 2. **Эквивалентная электрическая цепь системы Ag / Ag_4RbI_5 / C**
Fig. 2. Equivalent electrical circuit of Ag / Ag_4RbI_5 / C system

Для исследования кинетики образования двойного электрического слоя на границе «инертный электрод – твердый электролит» используем метод операторного импеданса, который заключается в замене электрохимической системы эквивалентной электрической цепью переменного тока. Единственным требованием применимости этого метода к электрохимическим системам является условие их линейности, т. е. независимости емкости на границе «электрод – электролит» от величины приложенного к ячейке потенциала [15]. Как уже было отмечено выше, в области потенциалов от 0 до 0,5В рассматриваемая нами ячейка действительно удовлетворяет условию линейности (инертный электрод при этом ведет себя как идеально поляризуемый). Эквивалентная электрическая схема ячейки $Ag/Ag_4RbI_5/C$ в общем случае может быть изображена в виде цепи на рисунке 2, где $R_э$ – это сопротивление твердого электролита, C_1 – емкость адсорбции – десорбции, обусловленная дефектами жесткой подрешетки твердого электролита (ионов йода в Ag_4RbI_5); Z_{W_2} – диффузионный импеданс Варбурга дефектов решетки.

Пусть t^* – время течения химической реакции, большее, чем постоянная электрохимической ячейки [9]: $t^* > R_э(C_1 + C_2)$. Тогда, для времени $t > t^*$, ёмкость C_1, связанную с быстрыми катионами серебра, можно не учитывать, и эквивалентная электрическая схема упрощается до схемы, представленной на рисунке 3.

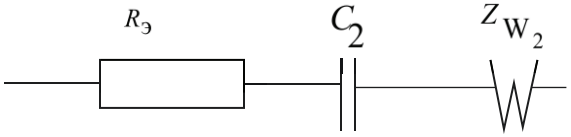


Рис. 3. **Упрощенная эквивалентная электрическая цепь системы Ag / Ag_4RbI_5 / C для $t > t^*$**
Fig. 3. Simplified equivalent electrical circuitof Ag / Ag_4RbI_5 / C system for $t > t^*$

Операторный импеданс (импеданс, преобразованный по Лапласу [14]) упрощенной эквивалентной электрической схемы, изображенной на рисунке 3, может быть представлен в виде соотношения

$$Z(p) = R_э + \frac{1}{C_2 p} + \frac{W_2}{\sqrt{p}}, \qquad (3)$$

где p – комплексный параметр; W_2 – диффузионная постоянная Варбурга; C_2 – значение емкости двойного электрического слоя; $R_э$ – активное сопротивление электролита.

Диффузионная постоянная Варбурга зависит от концентрации дефектов решетки и коэффициента диффузии, и определяется соотношением

$$W_2 = \frac{RT}{n^2 F^2 C_0 \sqrt{2D}}, \qquad (4)$$

где R – постоянная идеального газа, T – термодинамическая температура, F – постоянная Фарадея, n – валентность, D – коэффициент диффузии дефектов твердого электролита, концентрации дефектов жесткой подрешетки твердого электролита C_0.

Поскольку в гальваностатическом режиме электрический ток есть постоянная величина, положим его значение равным $i = \text{const}$. Соответственно, операторный ток будет равен

$$I(p) = \frac{i}{p}. \qquad (5)$$

Рассмотрим различные электрокинетические случаи протекания процесса.

1. Смешанный диффузионно-емкостный режим процесса. В случае смешанного диффузионно-емкостного режима, для времени $t > t^*$, когда заряжение емкости C_1 быстрыми катионами уже завершается, эквивалентная электрическая схема, приведенная на рисунке 3, остается в силе.

Поскольку $\Phi(p) = I(p) \cdot Z(p)$, то, с учётом формул (3) и (5), для операторного потенциала будем иметь:

$$\Phi(p) = R_э \cdot \frac{i}{p} + \frac{i}{C_2} \cdot \frac{1}{p^2} + iW_2 \cdot \frac{1}{p\sqrt{p}}. \qquad (6)$$

С помощью таблиц обратного преобразования Лапласа [14; 15] для потенциала межфазной границы «электрод – твердый электролит» из (6) получим зависимую от времени, монотонно возрастающую функцию – оригинал потенциала для относительно больших времен заряжения:

$$\varphi(t) = R_э i + \frac{i}{C_2} \cdot t + \frac{2W_2 i}{\sqrt{\pi}} \cdot \sqrt{t}, \; t > t^*. \qquad (7)$$

Когда величина твердого электролита $R_э$ установлена для графического построения экспериментальных данных, (7) удобно привести к виду:

$$\frac{\varphi(t) - R_э i}{t} = \frac{i}{C_2} + \frac{2W_2 i}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{1}{\sqrt{t}}. \qquad (8)$$

Соотношение $\dfrac{\varphi(t) - R_э i}{t}$ в (8) можно интерпретировать как изменение разности потенциала и напряжения электрической цепи в единицу времени. Обозначим $\dfrac{\varphi(t) - R_э i}{t} = \Delta\varphi$ и рассмотрим функцию

$$\Delta\varphi(\tau) = \frac{i}{C_2} + \frac{2W_2 i}{\sqrt{\pi}} \cdot \tau, \qquad (9)$$

где $\tau = \dfrac{1}{\sqrt{t}}$.

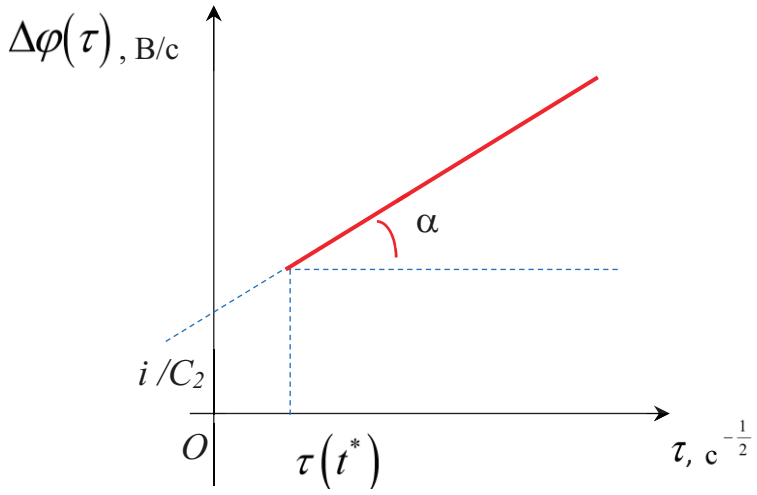


Рис. 4. **Графическое определение параметров эквивалентной электрической схемы ячейки Ag / $Ag_4Rb\,I_5$ / C при смешанном диффузионно-емкостном режиме для $t > t^*$**
Fig. 4. Graphical determination for the parameters of an equivalent electrical circuit of Ag / $Ag_4Rb\,I_5$ / C cell in a mixed diffusion-capacitive mode for $t > t^*$

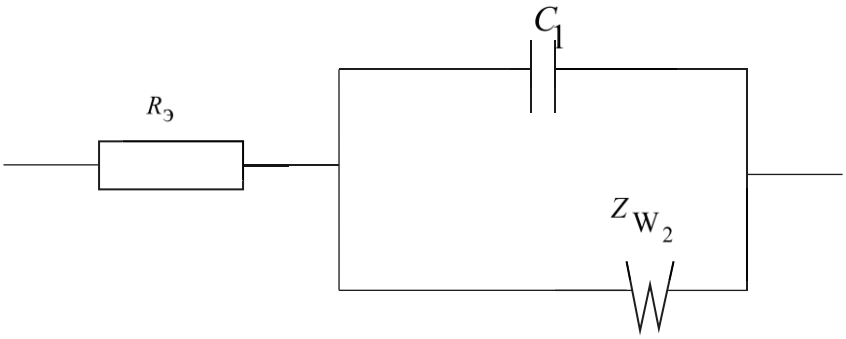


Рис. 5. **Эквивалентная электрическая схема ячейки Ag / $Ag_4Rb I_5$ / C в случае диффузионного режима**

Fig. 5. Equivalent electrical circuit of $Ag / Ag_4RbI_5 / C$ cell in case of diffusion mode

Для больших значений $t > t^*$, $\tau \to 0$. Поэтому, предельное значение правой части (9) при $\tau \to 0$ будет равно $\frac{i}{C_2}$. Графическое представление зависимости (9) на рисунке 4 показывает, что прямая $\Delta\varphi(\tau)$ отсекает на оси ординат отрезок $\frac{i}{C_2}$.

Угол наклона прямой, заданной уравнением (9), к оси $O\tau$ определяется с помощью производной: $\operatorname{tg}\alpha = \Delta\varphi'(\tau) = \frac{2W_2 i}{\sqrt{\pi}}$, отсюда: $\alpha = \operatorname{arctg}\frac{2W_2 i}{\sqrt{\pi}}$.

Заметим, что в гальваностатическом методе тангенс угла наклона α прямой к оси абсцисс определяется как величина ступеньки тока $\frac{i}{C_2}$. Тогда при $\tau \to 0$ получим соотношение

$$2W_2 C_2 = \sqrt{\pi}, \qquad (10)$$

откуда может быть определено значение емкости двойного электрического слоя, $C_2 = \frac{\sqrt{\pi}}{2W_2}$.

Используя представление (4) постоянной Варбурга W_2, нетрудно определить также соотношение между значениями емкости двойного электрического слоя C_2, коэффициента диффузии D и концентрации дефектов жесткой подрешетки твердого электролита C_0:

$$C_0\sqrt{2D} = \frac{\sqrt{\pi}RTC_2}{2n^2F^2}. \qquad (11)$$

2. Диффузионный режим. В случае диффузионного режима эквивалентная ячейка $Ag / Ag_4RbI_5 / C$ значительно упрощается и может быть представлена цепью на рисунке 5.

Тогда для времени $t > t^*$, ёмкость C_1, связанную с быстрыми процессами восстановления катионов серебра, можно не учитывать, и эквивалентная электрическая схема упрощается до схемы, изображенной на рисунке 6.

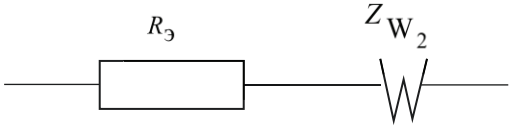


Рис. 6. **Упрощенная эквивалентная электрическая цепь системы Ag / $Ag_4Rb I_5$ / C для $t > t^*$ в случае диффузионного режима**

Fig. 6. Simplified equivalent electrical circuit of Ag / $Ag_4Rb I_5$ / C system for $t > t^*$ in the case of diffusion mode

Операторный импеданс эквивалентной электрической схемы, изображенной на рисунке 6, может быть представлен в виде соотношения

$$Z(p) = R_э + \frac{W_2}{\sqrt{p}}. \qquad (12)$$

Поскольку $\Phi(p) = I(p) \cdot Z(p)$, то, с учётом формул (5) и (12), для операторного потенциала будем иметь:

$$\Phi(p) = R_э \cdot \frac{i}{p} + iW_2 \cdot \frac{1}{p\sqrt{p}}. \qquad (13)$$

С помощью таблиц обратного преобразования Лапласа [14; 15] для потенциала межфазной границы «электрод – твердый электролит» получим зависимую от времени, монотонно возрастающую функцию – оригинал потенциала:

$$\varphi(t) = R_э i + \frac{2W_2 i}{\sqrt{\pi}} \cdot \sqrt{t}, \quad t > t^*. \qquad (14)$$

Когда величина твердого электролита $R_э$ установлена для графического построения экспериментальных данных, (14) удобно привести к виду:

$$\varphi(\tau) = R_э i + \frac{2W_2 i}{\sqrt{\pi}} \cdot \tau, \qquad (15)$$

где $\tau = \sqrt{t}$.

Для больших значений $t > t^*$, параметр $\tau > \tau(t^*)$. Продолжая непрерывным образом функцию $\varphi(\tau)$ в окрестность $\tau = 0$, получим предельное значение правой части (15) при $\tau \to 0$, равное $R_э i$. Графическое представление зависимости (15) на рисунке 7 показывает, что прямая $\varphi(\tau)$ отсекает на оси ординат отрезок $R_э i$.

Угол наклона прямой $\varphi(\tau)$ к оси $O\tau$ можно определить с помощью производной: $\operatorname{tg}\alpha = \Delta\varphi'(\tau) = \frac{2W_2 i}{\sqrt{\pi}}$, отсюда $\alpha = \operatorname{arctg}\frac{2W_2 i}{\sqrt{\pi}}$.

Очевидно, что соотношения между значениями C_2 и W_2, а также между C_2, D и C_0 будут совпадать с (10) и (11) для случая смешанного диффузионно-емкостного режима.

3. Емкостный режим. В случае только емкостного режима заряжения, т. е. идеального конденсатора, эквивалентная электрическая схема может быть представлена цепью на рисунке 8.

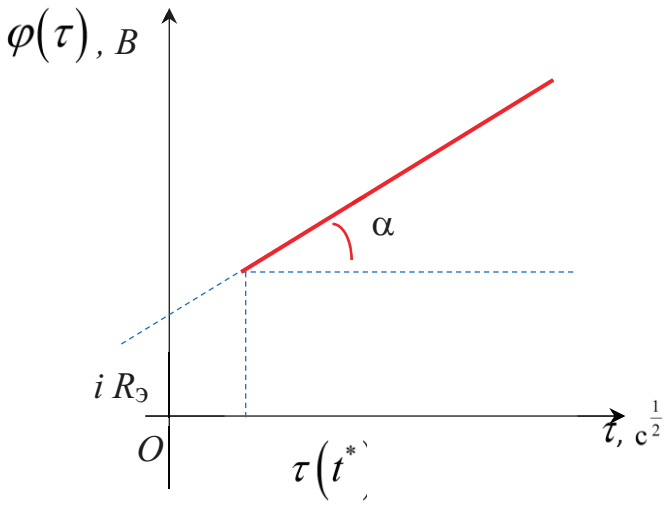


Рис. 7. **Графическое определение параметров эквивалентной электрической схемы ячейки Ag / $Ag_4Rb\,I_5$ / C при диффузионном режиме для $t > t^*$**

Fig. 7. Graphical determination of the parameters of the equivalent electrical circuit of Ag / $Ag_4Rb\,I_5$ / C cell in the diffusion mode for $t > t^*$

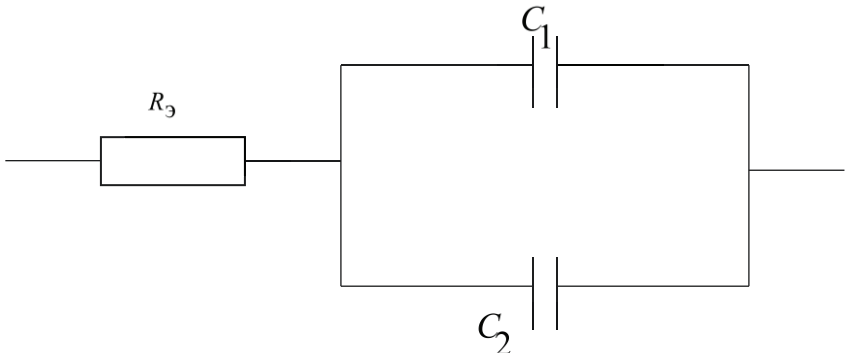


Рис. 8. **Эквивалентная электрическая схема ячейки Ag / $Ag_4Rb I_5$ / C в случае емкостного режима**

Fig. 8. Equivalent electrical circuit of $Ag / Ag_4RbI_5 / C$ cell in case of capacitive mode

Для времени $t > t^*$, схема упрощается (рис. 9).

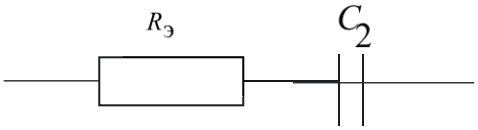


Рис. 9. **Упрощенная эквивалентная электрическая цепь системы Ag / $Ag_4Rb I_5$ / C для $t > t^*$ в случае емкостного режима**

Fig. 9. Simplified equivalent electrical circuit of $Ag /Ag_4RbI_5 /C$ for $t > t^*$ system in the case of capacitive mode

Операторный импеданс эквивалентной электрической схемы, изображенной на рисунке 9, может быть представлен в виде соотношения

$$Z(p) = R_э + \frac{1}{C_2 p}. \qquad (16)$$

Поскольку $\Phi(p) = I(p) \cdot Z(p)$, то, с учётом формул (5) и (16), для операторного потенциала будем иметь:

$$Z(p) = R_э + \frac{1}{C_2 p}. \qquad (17)$$

С помощью таблиц обратного преобразования Лапласа [14; 15] для потенциала межфазной границы «электрод – твердый электролит» получим зависимую от времени, монотонно возрастающую функцию – оригинал потенциала:

$$\varphi(t) = R_э i + \frac{i}{C_2} \cdot t, \; t > t^*. \qquad (18)$$

Продолжая непрерывным образом функцию $\varphi(t)$ в окрестность $t = 0$, получим предельное значение правой части (18) при $t \to 0$, равное $R_э i$. Графическое представление зависимости (18) на рисунке 10 показывает, что прямая $\varphi(t)$ отсекает на оси ординат отрезок $R_э i$. Угол наклона прямой (18) к оси Ot, $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{2W_2 i}{\sqrt{\pi}}$, будет совпадать с углом наклона прямых (9) и (14), полученных для случаев смешанного диффузионно-емкостного и только для диффузионного контроля.

Соотношения между значениями C_2 и W_2, а также между C_2, D и C_0 будут совпадать с формулами (10) и (11) для всех рассмотренных видов процессов с различными лимитирующими стадиями.

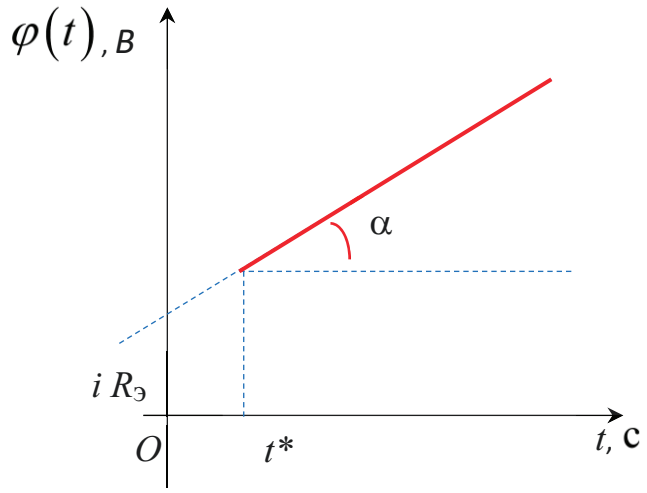


Рис. 10. **Графическое определение параметров эквивалентной электрической схемы ячейки Ag / $Ag_4Rb\,I_5$ / C при емкостном режиме для $t > t^*$**

Fig. 10. Graphical determination for the parameters of the equivalent electrical circuit of Ag / $Ag_4Rb\,I_5$ / C cell in the capacitive mode for $t > t^*$

Заключение

Рассмотренные нами в отдельности случаи, в которых лимитирующими стадиями являются только стадии емкостного и только диффузионного процесса заряжения для относительно больших времен заряжения, также можно было получить из общего случая, представленного выражением (3). Для этого можно положить в выражении для операторного импеданса (3) значения диффузионной составляющей $\frac{W_2}{\sqrt{p}}$ или емкостной составляющей импеданса $\frac{1}{C_2 p}$ равными нулю.

Полученные выше соотношения «потенциал – время» в одинаковой мере применимы как в случае твердых электролитов, так и водных растворов электролитов. Для электрохимических ячеек с твердыми электролитами предложены эквивалентные электрические схемы и разработана специальная методика их исследования импульсными релаксационными методами.

Для трех различных механизмов процесса заряжения границы «инертный электрод – твердый электролит» получены кинетические соотношения «потенциал – время» импульсного гальваностатического метода их исследования. Предложен графический метод определения параметров эквивалентных электрических цепей электрохимических ячеек с твердым электролитом.

Список источников

1. Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Цирлина Г. А. Электрохимия: учебное пособие. 3-е изд., испр. СПб.: Лань, 2015. 670 с.

2. Укше Е. А., Букун Н. Г. Твердые электролиты. М.: Наука, 1977. 175 с.

3. Гусейнов Р. М., Карибов М. Р. Кинетика заряжения границы инертный электрод / твердый электролит в случае сферического или цилиндрического электрода // Электрохимия. 2009. Т. 45. № 10. С. 1293-1296. EDN: KWIXPL

4. Гусейнов Р. М., Раджабов Р. А., Магомедов А. Г., Бахмудкадиева З. Н., Багдуев Г. Б. Поведение границы блокированный электрод – твердый электролит в гальваногармоническом ре-

References

1. Damaskin BB, Petriy OA, Tsirlina GA. Electrochemistry: A textbook. 3rd ed., corrected. St. Petersburg: Lan, 2015:670. (In Russ)

2. Ukshe EA, Bukun NG. Solid electrolytes. Moscow: Nauka, 1977:175. (In Russ)

3. Guseynov RM, Karibov MR. Charging kinetics of the inert electrode – solid electrolyte boundary in the case of a spherical or cylindrical electrode. *Electrochemistry.* 2009;45(10):1293-1296. (In Russ). EDN: KWIXPL

4. Guseynov RM, Radjabov RA, Magomedov AG, Bakhmudkadieva ZN, Bagduev GB. Behavior of the blocked electrode – solid electrolyte interface in the galvanoharmonic charging mode. *Dagestan State Pedagogical University*

жиме заряжения // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2013. № 2(23). С. 28-32. EDN: RUXBAD

5. Гусейнов Р. М., Раджабов Р. А., Гебекова З. Г. Граница блокированный (инертный) электрод / твердый электролит в импульсном потенциостатическом режиме заряжения // Известия дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2013. № 1(22). С. 5-9. EDN: RAPOMB

6. Гусейнов Р.М., Раджабов Р.А., Абакаргаджиева П.Р. Поляризация границы инертный пористый электрод – твердый электролит в импульсном гальванодинамическом и импульсном потенциодинамическом режимах (случай больших времен) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2020. Т. 14. № 2. С. 15-19. DOI: 10.31161/1995-0675-2020-14-2-15-19. EDN: QBQOUF

7. Гусейнов Р. М., Раджабов Р. А., Абакаргаджиева П. Р. Поляризация границы инертный пористый электрод – твердый электролит в импульсном гальванодинамическом и импульсном потенциодинамическом режимах (случай малых времен) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2020. Т. 14. № 1. С. 20-24. DOI: 10.31161/1995-0675-2020-14-1-20-24. EDN: VBEIUH

8. Гусейнов Р. М., Раджабов Р. А., Магомедова У. М. Импеданс серебряного электрода, обратимого по неосновным носителям, в сульфатном твердом электролите или в ионном расплаве в гальванодинамическом режиме // Расплавы. 2020. № 4. С. 399-405. DOI: 10.31857/S0235010620040040. EDN: HXGJQM

9. Раджабов Р. А., Гусейнов Р. М., Абакаргаджиева П. Р. Импеданс серебряного электрода в сульфатном твердом электролите в гальванодинамическом режиме // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. естественные и точные науки. 2019. Т. 13. № 1. С. 34-39. DOI: 10.31161/1995-0675-2019-13-1-34-39. EDN: OACWYG

10. Шавкунов С.П., Сидорова И.П. Определение физико-химических свойств угольного электрода в водных растворах высокой плотности // Вестник Пермского университета. Серия: Химия. 2023. № 1. С. 32-39. DOI: http://doi.org/10.17072/2223-1838-2023-l-32-39

11. Графов Б. М., Укше Е. А. Импеданс идеально поляризуемого электрода в твердом электролите // Электрохимия. 1974. Т. 10. № 12. С. 1875-1882.

12. Гусейнов Р. М., Махмудов Х. М., Раджабов Р. А., Бахмудкадиева З. Н., Зайнутдинова З. А., *Journal. Natural and Exact Sciences*. 2013(2(23):28-32. (In Russ). EDN: RUXBAD

5. Guseynov RM, Radjabov RA, Gebekova ZG. Blocked (inert) electrode – solid electrolyte interface in the pulsed potentiostatic charging mode. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2013(1(22):5-9. (In Russ). EDN: RAPOMB

6. Guseynov RM, Radzhabov RA, Abakargadzhieva PR. Polarization of the inert porous electrode – solid electrolyte interface in pulsed galvanodynamic and pulsed potentiodynamic modes (the case of long times). *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2020;14(2):15-19. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2020-14-2-15-19. EDN: QBQOUF

7. Guseynov RM, Radzhabov RA, Abakargadzhieva PR. Polarization of the boundary between an inert porous electrode and a solid electrolyte in pulsed galvanodynamic and pulsed potentiodynamic rejimes (small times case). *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2020;14(1):20-24. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2020-14-1-20-24. EDN: VBEIUH

8. Guseynov RM, Radzhabov RA, Magomedova UM. The impedance of silver electrode reversibleon the nobasic charge carriers in the sulphate solid electrolyte or ionic melt in the galvanodynamic rejime. *Rasplavy*. 2020(4):399-405. (In Russ). DOI: 10.31857/S0235010620040040. EDN: HXGJQM

9. Radzhabov RA, Guseynov RM, Abakargadzhieva PR. The impedance of a silver electrode in a sulfate solid electrolyte in galvanodynamic regime. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2019;13(1):34-39. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2019-13-1-34-39. EDN: OACWYG

10. Shavkunov SP, Sidorova IP. Determination of the physicochemical properties of a carbon electrode in high-density aqueous solutions. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Khimiya.* 2023(1):32-39. (In Russ). DOI: http://doi.org/10.17072/2223-1838-2023-l-32-39

11. Grafov BM, Ukshe EA. Impedance of an ideally polarizable electrode in a solid electrolyte. *Elektrokhimiya*. 1974;10(12):1875-1882. (In Russ)

12. Guseinov RM, Makhmudov KhM, Radzhabov RA, Bakhmudkadieva ZN, Zainutdinova ZA, Salpagarova ZI. Behavior of the blocked electrode – solid electrolyte boundary in the galvanoharmonic charging regime. The Case of slow

Салпагарова З. И. Поведение границы, блокированный электрод – твердый электролит в гальваногармоническом режиме заряжения. Случай замедленной диффузии и адсорбции – десорбции двух разных сортов частиц // Известия высших учебных заведений. Серия химия и химическая технология. 2016. Т. 59. № 3. С. 59-64. EDN: VTFUSV

13. Гусейнов Р. М, Кукоз Ф. И. Электронные процессы в твердых электролитах. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1986. 126 с.

14. Деч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа. М.: Наука, 1965. 287 с.

15. Абрамовиц М., Стиган И. Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами. М.: Наука, 1979. 832 с.

diffusion and adsorption – desorption of two different types of particles. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Seriya Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya.* 2016;59(3):59-64. (In Russ). EDN: VTFUSV

13. Guseynov RM, Kukoz FI. Electronic processes in solid electrolytes. Rostov-on-Don: Rostov University, 1986:126. (In Russ)

14. Dech G. Guide to the practical application of the Laplace transform. Moscow: Nauka, 1965:287. (In Russ)

15. Abramowitz M, Stigan I. Handbook of special functions with formulas, graphs, and mathematical tables. Moscow: Nauka, 1979:832. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Гусейнов Ризван Меджидович, доктор химических наук, профессор кафедры химии, факультет биологии, географии и химии, Дагестанский государственный педагогический университет им Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, rizvanguseynov@mail.ru

Салпагарова Зульфия Исмаиловна, кандидат химических наук, доцент кафедры биологии и химии, естественно-географический факультет, Карачаево-Черкесский государственный университет им. У. Д. Алиева, Карачаевск, Россия, salpagarova.zulfiya@mail.ru, https://orcid.org/0009-0004-5864-1844

Воропаева Людмила Вячеславовна, старший преподаватель кафедры прикладной математики и информатики, институт автоматики и информационных технологий, Самарский государственный технический университет, Самара, Россия, voropaeva.lv@samgtu.ru, https://orcid.org/0000-0003-4783-1664

Критерии авторства

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 14.08.2025
Одобрена после рецензирования 10.10.2025
Принята к публикации 15.10.2025

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Rizvan M. Guseynov, Doctor of Science (Chemistry), Professor, Department of Chemistry, Faculty of Biology, Geography and Chemistry, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, rizvanguseynov@mail.ru

Zulfiya I. Salpagarova, Ph.D. (Chemistry), Associate Professor, Department of Biology and Chemistry, Faculty of Natural Sciences and Geography, Umar Aliev Karachay-Cherkess State University, Karachaevsk, Russia, salpagarova.zulfiya@mail.ru, https://orcid.org/0009-0004-5864-1844

Lyudmila V. Voropaeva, Senior Lecturer, Department of Applied Mathematics and Informatics, Institute of Automation and Information Technology, Samara State Technical University, Samara, Russia, voropaeva.lv@samgtu.ru, https://orcid.org/0000-0003-4783-1664

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 14.08.2025
Approved after reviewing 10.10.2025
Accepted for publication 15.10.2025

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 911.2:332.1
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-25-33
EDN: GRXNLX

Историко-географический анализ развития хозяйства Республики Дагестан

©2025**Алиев Ш. М.**✉, **Акавова Г. К.**
Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова
Махачкала, Россия, sharafudin_aliev@mail.ru✉, gozelika@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Цель работы – проведение комплексного ретроспективного анализа развития отраслевой и территориальной структуры хозяйства Республики Дагестан с древнейших времен до современного периода, выявление ключевых исторических этапов, определяющих факторов, противоречий и современных тенденций пространственной организации экономики. **Методы.** Исследование основано на системном применении историко-географического, сравнительно-статистического, картографического и структурно-функционального анализа, а также на методологических принципах теории географического положения, географического разделения труда и территориальной организации хозяйства. **Результаты.** Определены и детально охарактеризованы четыре исторических этапа формирования отраслевой специализации и территориальной дифференциации хозяйства республики. Выявлены эндогенные и экзогенные факторы – как способствующие, так и тормозящие экономическое развитие на различных исторических этапах. Дана развернутая характеристика наиболее динамичным отраслям (агропромышленный комплекс, строительство, электроэнергетика, туризм) и проблемным зонам экономики. Проанализирована современная структура внутреннего регионального продукта (ВРП) и ключевые экономические показатели, свидетельствующие о структурной трансформации экономики в сторону аграрно-сервисной модели. **Выводы.** Установлено, что, несмотря на позитивную динамику последних лет, экономика Дагестана сохраняет черты дотационного региона с высокой долей сельского хозяйства, слаборазвитой перерабатывающей промышленностью и выраженными межрайонными диспропорциями. Перспективы устойчивого развития связываются с диверсификацией экономики и комплексной реализацией крупных инфраструктурных и кластерных проектов.

Ключевые слова: хозяйство, экономика, территориальная структура, факторы развития, специализация, этапы развития, внутренний региональный продукт, Дагестан, историко-географический анализ.

Формат цитирования: Алиев Ш. М., Акавова Г. К. Историко-географический анализ развития хозяйства Республики Дагестан // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 3. С. 25-33. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-25-33. EDN: GRXNLX

Historical and Geographical Analysis of the Economic Development in the Republic of Dagestan

©2025**Sharafudin M. Aliev**✉, **Gozel K. Akavova**
Gamzatov Dagestan State Pedagogical University
Makhachkala, Russia, sharafudin_aliev@mail.ru✉, gozelika@mail.ru

ABSTRACT. The **aim** of the research is to conduct a comprehensive retrospective analysis of the development of the sectoral and territorial structure in the economy of the Republic of Dagestan from ancient times to the present day, identifying key historical stages, determining factors, contradictions and current trends in the economy spatial organization. **Methods.** The research is based on the systematic application of historical-geographical, comparative-statistical, cartographic and structural-functional analysis, as well as on the methodological principles of the theory of geographical location, geographical division of labor and economy territorial organization. **Results.** Four historical stages in the formation of industrial specialization and territorial differentiation in the republic's economy are identified and characterized in detail. Endogenous and exogenous factors are identified – both facilitating and hindering economic development at various historical stages. A detailed description is provided of the most dynamic sectors (agriculture, construction, electric power, and tourism) and economy problem areas. The current structure of the domestic regional product (DRP) and key economic indicators demonstrating the structural transformation of the economy toward an agro-service model are analyzed. **Conclusions**. It has been established that, despite the positive dynamics of recent years, Dagestan's economy retains the characteristics of a subsidized region with a high share of agriculture, an underdeveloped processing industry and pronounced inter-district disparities. Prospects for sustainable development are linked to economic diversification and the comprehensive implementation of large infrastructure and cluster projects.

Keywords: economy, economic development, territorial structure, development factors, specialization, stages of development, domestic regional product, Dagestan, historical and geographical analysis.

For citation: Aliev ShM, Akavova GK. Historical and Geographical Analysis of the Economic Development in the Republic of Dagestan. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(3):25-33. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-25-33. EDN: GRXNLX

Введение

Актуальность исследования обусловлена необходимостью глубокого осмысления исторического опыта пространственного развития экономики Республики Дагестан в контексте современных вызовов и поиска путей устойчивого роста. Современное хозяйство Дагестана, его постиндустриальная отраслевая и территориальная структура – это результат многовекового труда дагестанского народа, сложного процесса адаптации к природным, геополитическим и социально-экономическим условиям. Каждая историческая эпоха оставила свой видимый и невидимый след в виде сел, городов, дорог, террасированных полей, каналов, сортов семян, пород скота, безлесных, пустынных, деградированных территорий и т. д. Параллельно с материальной хозяйственной деятельностью формировались знания, навыки, традиции, социальная психология, которые передавались из поколения в поколение, составляя невидимый, но крайне важный каркас хозяйственного освоения территории [1].

Современный этап социально-экономического развития республики характеризуется сложным переплетением позитивных тенденций и хронических проблем. С одной стороны, наблюдается рост основных макроэкономических показателей, активизация инвестиционной деятельности, реализация крупных инфраструктурных проектов. С другой стороны, сохраняется высокая дотационность бюджета, структурные диспропорции, зависимость от импорта многих видов продукции, сильное отставание по душевым показателям от среднероссийского уровня. В этих условиях обращение к историческому опыту, выявление устойчивых тенденций и закономерностей территориальной организации хозяйства представляется не только научно значимым, но и практически востребованным для выработки эффективных стратегических решений.

Цель исследования заключается в комплексном историко-географическом анализе формирования и трансформации отраслевой и территориальной структуры хозяйства Республики Дагестан на протяжении всей ее истории, выявлении определяющих эндогенных и экзогенных факторов, оценке современных социально-экономических тенденций и разработке на этой основе научно обоснованных выводов о перспективах пространственного развития региона.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

– выделение и характеристика ключевых исторических этапов развития хозяйства Дагестана;

– анализ эволюции отраслевой структуры экономики и специализации региона;

– исследование изменений территориальной структуры хозяйства и расселения;

– выявление системы факторов, определявших специфику хозяйственного развития на разных этапах;

– оценка современного состояния и динамики основных отраслей экономики республики;

– определение ключевых проблем и перспективных направлений пространственного развития Дагестана.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу исследования составили фундаментальные положения экономической и социальной географии, теории территориальной организации общества и региональной экономики. Исследование базируется на принципах историзма, системности и детерминизма.

В качестве основных методов выступили: историко-географический метод, позволивший проследить генезис и эволюцию хозяйства Дагестана в пространственно-временном континууме, выявить преемственность и изменчивость территориальных структур; сравнительно-статистический анализ, примененный для обработки массива официальных статистических данных Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Дагестан, Министерства экономики и территориального развития РД, а также исторических сводок за продолжительный период времени; структурно-функциональный анализ, использованный для изучения отраслевой и территориальной структуры хозяйства, взаимосвязей между ее элементами; картографический метод, обеспечивший визуализацию пространственных закономерностей и изменений в размещении хозяйства и населения.

Эмпирическую базу исследования составили: официальные статистические сборники и данные Росстата и Дагстата за период с 2010 по 2024 г.; научные публикации и монографии, посвященные экономике и географии Дагестана [1-4; 7-9]; аналитические отчеты и прогнозы Министерства экономики и территориального развития Республики Дагестан.

Результаты и их обсуждение

1. Этапы хозяйственного развития Дагестана: историко-географическая ретроспектива

Проведенный анализ позволил выделить четыре четко выраженных этапа в развитии хозяйства Дагестана, каждый из которых характеризовался специфическим сочетанием отраслевой структуры, территориальной организации и системы внешних и внутренних связей.

Этап до присоединения к России (с древнейших времен до 60-х гг. XIX в.) заложил основы традиционного хозяйства и его зональной специализации. Особенности социально-экономического развития Дагестана в этот период определялись прежде всего экологической нишей рельефа, контрастностью природно-географических условий равнинной, предгорной и горной частей.

Разнообразие ландшафтов, богатство флоры и фауны благоприятствовали раннему окультуриванию растений и доместикации животных. Дагестан стал одним из древнейших на Кавказе очагов сложения и развития раннеземледельческой культуры еще в VII-VI тыс. до н. э., чему способствовали тесные связи с Закавказьем и Передней Азией. Многочисленные пришельцы (гунны, арабы, монголы, турки и др.) с одной стороны, разоряли хозяйство войнами, с другой – способствовали объединению народов, строительству дорог, совершенствованию форм организации и развитию разделения труда.

К моменту присоединения к России в Дагестане сформировалось многоотраслевое сельское хозяйство преимущественно натурального и полунатурального типа. Ведущими отраслями были земледелие, животноводство, ремесла, садоводство, рыболовство, лесное хозяйство и торговля. Земледелие сильно зависело от природных условий. В Терско-Сулакской низменности оно было ведущей отраслью и носило поливной характер с преобладанием зерновых (пшеница, ячмень, рис), огородно-бахчевых и технических культур (марена, лен, хлопок). В предгорьях и горных доли-

нах соотношение земледелия и животноводства было примерно равным. В высокогорье возможности земледелия были ограничены, и оно носило жизненно необходимый характер, символизируя «приземленность» и благополучие горца.

Ремесла носили ярко выраженный зональный характер. На равнине они имели потребительский характер. В предгорьях концентрировались центры ковроткачества (Лезгистан, Табасаран), производства орудий и утвари (Кайтаг, Табасаран). В горной части промыслы получили наибольшее развитие: обработка шерсти (Ахты, Анди) и металла (Кубачи, Амузги), производство оружия (Кубачи), обработка дерева (Унцукуль), производство кож (Чарода) [1].

Сложившиеся природно-экономические зоны способствовали активному товарообмену, что стало важнейшим фактором формирования единого народно-хозяйственного комплекса. С равнин в горы поступало зерно, а в обратном направлении – животноводческая продукция, орудия, оружие, металлические и ювелирные изделия. Формировались региональные, зональные и локальные рынки, крупнейшими центрами которых были Ахты, Дербент, Тарки, Кумух, Хунзах и др., выполнявшие не только торговые, но и политические, административные и культурные функции.

Этап в составе Российской империи (60-е гг. XIX в. – 1917 г.). Присоединение Дагестана к России привело к заметным изменениям в отраслевой и, особенно, территориальной структуре хозяйства. Ключевыми факторами трансформации стали активизация проникновения капиталистических отношений, создание новых отраслей, ориентированных на общероссийский рынок, и строительство дорог.

Дагестан оставался сельским регионом, но аграрное и кустарное производство стало теснее связываться с рынком. Шло расслоение крестьянства, формировались различные типы хозяйств в зависимости от природных условий: оседлое пашенное земледелие и стационарное животноводство на равнине; оседлое пашенное земледелие и отгонное скотоводство в горах; преимущественно отгонное скотоводство в высокогорье.

Строительство железной дороги дало импульс развитию как добывающей (рыба, нефть, соль), так и обрабатывающей (виноделие, консервная, текстильная) промышленности. Если в 1899 г. в Дагестане насчитывалось около 40 промышленных предприятий, то к 1917 г. их было уже 134 с численностью занятых около 43 тыс. человек [1]. Перенос столицы из Темир-Хан-Шуры в Порт-Петровск наряду с железной дорогой активизировал развитие равнинного, особенно приморского Дагестана. Именно эти территории стали играть ведущую роль в формировании новой территориальной структуры хозяйства, будучи втянутыми в хозяйственные связи с Россией.

Рост импорта фабрично-заводских товаров из России нарушил сложившийся баланс межзонального обмена, вытеснил многие виды домашнего и кустарного производства, что активизировало отходничество. Несмотря на определенные сдвиги, колониальная политика царизма сдерживала промышленное развитие, и Дагестан оставался аграрной периферией, а в годы Первой мировой и Гражданской войн его хозяйство пришло в сильный упадок.

Советский этап (1921-1991 гг.) стал временем кардинальных преобразований, скорость которых превышала все изменения предшествующих тысячелетий. Главным итогом стало превращение Дагестана из аграрной в индустриально-аграрную республику [1].

Была создана многоотраслевая промышленность: электроэнергетика, химия и нефтехимия, машиностроение, стекольная промышленность. На основе сельского хозяйства сформировался агропромышленный комплекс. Высокого уровня развития достигла инфраструктура – транспорт, связь, энерго- и газоснабжение. Великим достижением стало создание разветвленной социальной инфраструктуры – учреждений здравоохранения, образования, культуры, спорта, бытового обслуживания.

Появилась качественно новая система расселения. Наряду с развитием старых городов (Махачкала, Дербент, Буйнакск) строились новые (Каспийск, Избербаш, Южно-Сухокумск) и поселки городского типа. Уровень урбанизации достиг 43 %. Развитие хозяйства в значительной степени было ориентировано на обеспечение

занятости быстрорастущего населения, уровень жизни которого заметно улучшился.

Однако Дагестан испытал на себе и все отрицательные последствия командно-административной системы. Экономика республики не обладала достаточным потенциалом для самодостаточности и была сильно интегрирована в общесоюзный комплекс на правах периферийного региона. Республиканские органы власти распоряжались лишь 1/20 частью собственности на своей территории [1]. Отрицательным результатом стали усиливающиеся региональные диспропорции. Весь производственный потенциал агропромышленного комплекса сосредоточился в равнинных и частично предгорных районах, в то время как горная часть постепенно лишалась земледелия, кормопроизводства, а традиционное овцеводство стало зависеть от равнинных пастбищ [7].

Машиностроение, составлявшее в начале 90-х гг. 25 % промышленного производства, в основном работало на военно-промышленный комплекс СССР (68 % выпуска). Отрасли имели узкую специализацию, были ориентированы на выпуск полуфабрикатов и комплектующих, а дагестанские предприятия, выпускавшие готовую продукцию, зависели от поставок сырья и комплектующих из других регионов. В целом, народное хозяйство из-за слабости горизонтальных связей не представляло собой единый комплекс, а состояло из суммы разрозненных предприятий, что предопределило глубину экономического кризиса в конце XX в. [1; 2].

Современный (постсоветский) этап (с 1992 г. по настоящее время) оказался крайне сложным и болезненным. Переход от плановой экономики к рыночной вверг республику в глубокий и затяжной кризис, итогом которого стал развал промышленности, обнищание большинства населения и утрата индустриального облика республики [3]. События в Чеченской Республике еще более усугубили положение. К середине 2000-х гг. ВРП республики был крайне низок (90 млрд руб. в 2005 г.), а индустриально-аграрная республика трансформировалась в аграрно-сервисную [1; 6].

Тем не менее, за последние 15-20 лет республика смогла заметно нарастить свой экономический потенциал. Сложилась многоукладная, мелкотоварная экономика с большим числом видов экономической деятельности. Как видно из таблицы, валовой региональный продукт (ВРП) Дагестана устойчиво рос, превысив в 2023 г 1 трлн руб., а промышленное производство показало положительную динамику [5].

Основные экономические показатели, такие как оборот розничной торговли, объем платных услуг населению, номинальная заработная плата и инвестиции, демонстрируют устойчивый рост [5; 6]. Активно развивается внешнеэкономическая деятельность, особенно экспорт, товарооборот за первое полугодие 2024 г. вырос в 1,8 раза по сравнению с аналогичным периодом 2021 г., а экспорт увеличился в 2,8 раза [6].

2. Современное состояние и структура хозяйства Дагестана

Отраслевая структура экономики и специализация. Современная структура ВРП Дагестана (рис.) наглядно отражает сложившуюся аграрно-сервисную модель экономики, кардинально отличающуюся от советской индустриально-аграрной структуры [5; 6].

Таблица. **Динамика валового регионального продукта Республики Дагестан (составлено авторами по [1; 5])**

Table. Dynamics of the gross regional product in the Republic of Dagestan (compiled by the authors based on [1; 5])

Показатель Indicator	**2010**	**2015**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**
ВРП, млн руб.	274 354,2	569 297,3	802 523,3	876 956,5	1 034 705,4	1 018 300,2
Индекс физического объема ВРП, % к пред. году	103,6	98,6	102,7	101,9	105,2	96,00
ВРП на душу населения, руб.	–	202 693,3	252 694,0	274 191,0	321 237,1	315 051,2

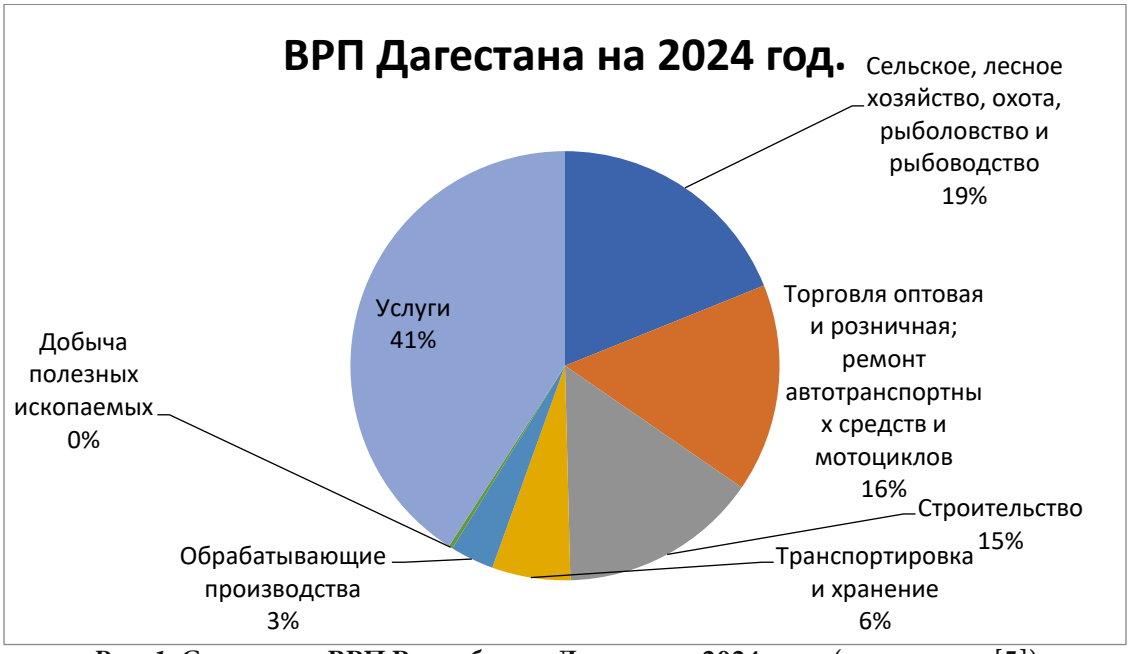


Рис. 1. **Структура ВРП Республики Дагестан в 2024 году (по данным [5])**
Fig. 1. Structure of the gross regional product in the Republic of Dagestan in 2024 (according to [5])

Как видно из диаграммы, ведущее место в экономике занимает сфера услуг (40,9 %), что соответствует общероссийской тенденции. Однако спецификой Дагестана является чрезвычайно высокая доля сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства – 18,9 %, что почти в 4 раза выше среднероссийского показателя. Значительный вес имеют торговля (15,7 %) и строительство (15,0 %). При этом доля обрабатывающих производств составляет лишь 3,3 %, а добычи полезных ископаемых – 0,3 %, что свидетельствует о сырьевой ориентации и слабом развитии перерабатывающих отраслей промышленности [5].

Дагестан в межрегиональном разделении труда специализируется на сельском хозяйстве. В общероссийском масштабе республика занимает первое и второе места по поголовью овец и коз, настригу шерсти, производству овощей, винограда и др. В Северо-Кавказском федеральном округе почти по 20 важнейшим показателям АПК Дагестан занимает первое и второе места [1; 2].

Агропромышленный комплекс: потенциал и проблемы. Агропромышленный комплекс (АПК) остается основой экономики Дагестана, однако характеризуется наличием большого числа мелких землевладений и слабой товарностью [3]. В отраслях доминируют мелкие производители, которые не могут конкурировать с крупными предприятиями. На долю личных подсобных хозяйств (ЛПХ) населения приходится 72,3 % объемов производства сельского хозяйства. Слабо развита кооперация в производстве, хранении, переработке и реализации продукции. В целом уровень развития АПК не соответствует аграрному потенциалу территории и не выполняет в полной мере свою основную функцию – удовлетворение продовольственных потребностей населения [1; 3].

Среди причин такого состояния можно выделить нерешенность вопросов землепользования, низкую техническую и технологическую базу отраслей, низкий уровень модернизации и инновационного развития, слабый уровень управления и обеспеченности кадрами [3; 8].

Особенностью территориальной организации сельского хозяйства является размещение его предприятий по всей территории республики, однако основная часть объемов производства приходится на равнинную часть. В структуре сельского хозяйства превалирует продукция животноводства (разведение крупного рогатого скота, мелкого рогатого скота и птицы). В растениеводстве лидируют зерновые (включая рис), технические культуры, плодоягодные, картофель, виноград, овощи и бахчевые [1; 7].

Промышленность: от спада к поиску новых точек роста. Промышленность Дагестана в постсоветский период пережила глубокий спад, особенно в добывающих и обрабатывающих отраслях [2]. Добыча

нефти и газа незначительна и продолжает снижаться (в 2024 г. добыто всего 62,2 тыс. т нефти и 84 млн мі газа), что несопоставимо с объемами советского периода [5].

Электроэнергетика представлена 16 гидроэлектростанциями, построенными в основном в советский период, и Махачкалинской ТЭЦ. В последние годы осваиваются альтернативные источники энергии. Начато строительство Новолакской и Ногайской ветровых электростанций мощностью 300 и 60 МВт соответственно, и Дербентской солнечной электростанции мощностью 100 МВт [6].

Наиболее адаптированной к рыночным условиям оказалась пищевая промышленность, которая наиболее широко размещена по территории республики и по многим видам продукции удовлетворяет внутренние потребности. Специализируется республика на консервном производстве, виноделии (включая производство коньяка), рыбной промышленности, мукомольной, хлебопекарной, кондитерской, мясо- и молочной переработке. В отрасли преобладают малые и средние предприятия, работающие на местном сырье [1; 2].

Машиностроение и металлообработка, несмотря на сокращение, остаются важной отраслью. Структура представлена более 45 действующими предприятиями, включая работающие на оборонно-промышленный комплекс (ОПК). Для отрасли характерна науко- и трудоемкость. Предприятия расположены в основном в Махачкале, Каспийске, Кизляре, Дербенте, Буйнакске и Южно-Сухокумске. Флагманами являются АО «Завод Дагдизель» (Каспийск), АО «Завод им. Гаджиева» (Махачкала), АО «Каспийский завод точной механики». Ключевой проблемой является отсутствие кооперационных связей между предприятиями республики, они связаны с предприятиями других регионов [2; 8].

Химическая промышленность производит стекло и изделия из стекла и стекловолокна, лакокрасочную продукцию, полипропиленовые трубы, фосфорные соли. Основными предприятиями являются ООО «Дагестан Стекло Тара» (Махачкала), АО «Дагфос» (Кизилюрт), ООО «Махачкалинский завод стекловолокна» и др. [2].

Инфраструктурный комплекс и сфера услуг

Строительный комплекс является ключевой отраслью современной экономики Дагестана. Он включает производство строительных материалов, услуги строительства и жилищно-коммунальное хозяйство. Отрасль объединяет тысячи подрядных организаций и в значительной степени опирается на местное сырье. Бурное строительство в постсоветский период полностью изменило облик городов, особенно Махачкалы и Каспийска. На долю частных компаний приходится более 90 % объема строительства [5; 6].

Транспортный комплекс – стратегическая часть производственной структуры хозяйства Дагестана, одно из ключевых звеньев транспортной инфраструктуры юга России. Дагестан – один из немногих регионов, где развиты все виды транспорта (кроме речного): железнодорожный, автомобильный, морской, воздушный и трубопроводный. Благодаря своему географическому положению, они приобретают международную значимость, связывая транспортные коридоры «Север-Юг» и «Восток-Запад». Махачкалинский морской торговый порт и международный аэропорт «Уйташ» являются важными узлами этих коридоров. В структуре ВРП республики на долю транспорта приходится около 6 % [1; 6].

Туризм – одна из самых динамично развивающихся отраслей экономики Дагестана. В 2024 г. республику посетило 1,85 млн туристов. Объем туристических услуг составил 22,4 млрд рублей, или 2 % валового регионального продукта. Развитие отрасли связано с активной общероссийской и региональной политикой, направленной на поддержку внутреннего туризма. Современный уровень развития туристского потока уже превзошел советский период.

3. Ключевые проблемы и перспективы пространственного развития

Несмотря на позитивную динамику последних лет, экономика Дагестана сталкивается с рядом системных проблем [4; 8; 9]:

1. Высокая дотационность (по итогам 2024 г. 75 % доходов консолидированного бюджета республики составляли средства федерального бюджета).

2. Структурные диспропорции (доля промышленности в ВРП крайне мала (3,6 %), преобладают низкотехнологичные и сырьевые отрасли).

3. Мелкотоварность АПК (доминирование ЛПХ препятствует повышению товарности, эффективности и конкурентоспособности сельского хозяйства).

4. Сильные территориальные диспропорции (основной экономический потенциал сконцентрирован в столичной агломерации (Махачкала, Каспийск) и на равнине, в то время как горы представляют собой депрессивные территории).

5. Отставание по душевым показателям. По большинству социально-экономических показателей в расчете на душу населения Дагестан отстает от среднероссийских значений в 3 и более раза. Доля республики в суммарном ВРП субъектов РФ составляет лишь 0,6 %.

Перспективы развития республики связываются с реализацией 6 прорывных проектов, охватывающих основные отрасли экономики: стекольная промышленность, Каспийский кластер, плодоовощное производство, город обувщиков, туристический кластер, ветровая энергетика [4; 6; 9]. Кроме того, важным импульсом может стать дальнейшая интеграция в общероссийскую экономику через участие в государственных программах, развитие оборонно-промышленного комплекса, судостроения, авиационной промышленности и научно-технологическое развитие.

Выводы

Проведенный комплексный историко-географический анализ позволил сформулировать следующие выводы:

1. Хозяйство Дагестана прошло четыре отчетливых исторических этапа развития (до присоединения к России, имперский, советский и постсоветский), каждый из которых характеризовался специфическим сочетанием отраслевой специализации, территориальной организации и системы внешнеэкономических связей.

2. На всех этапах развитие хозяйства определялось сложным взаимодействием эндогенных (природно-ресурсный потенциал, географическое положение) и экзогенных (геополитическая ситуация, государственная экономическая политика) факторов.

3. Современная экономика республики, преодолев глубокий трансформационный кризис 1990-х – начала 2000-х гг., демонстрирует устойчивый рост, но сохраняет структурные дисбалансы, трансформировавшись из индустриально-аграрной модели в аграрно-сервисную с высокой долей сельского хозяйства (18,9 % ВРП) и слаборазвитой промышленностью (3,6 % ВРП).

4. Ключевыми проблемами пространственного развития остаются высокий уровень дотационности бюджета, сильные межрайонные диспропорции, доминирование мелкотоварного уклада в АПК, слабая развитость перерабатывающих производств и низкие душевые показатели по сравнению со среднероссийскими.

5. Перспективы устойчивого экономического роста и сокращения региональных диспропорций связаны с диверсификацией экономики, комплексной реализацией крупных инфраструктурных и кластерных проектов, развитием туризма, альтернативной энергетики, углублением переработки местной сельскохозяйственной продукции и усилением интеграции в общероссийский и международный рынки.

Список источников

1. Алиев Ш. М., Мудуев Ш. С. Экономическая и социальная география Дагестана. Махачкала: Наука плюс, 2008. 246 с. EDN: QUAJRR

2. Идзиев Г. И., Гаджиев М. Д., Эльдаров Э. М. Динамика промышленных и аграрных производств в Республике Дагестан // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2019. № 1(57). С. 1-15. EDN: HZPZEX

3. Абдуразаков М. А. Состояние аграрного сектора экономики Дагестана в период радикальных реформ (1986-1990 гг.) // Научные проблемы гуманитарных исследований. 2010. № 2. С. 6-11. EDN: LABFUH

4. Магомедов О. А. Приоритетные направления современной стратегии социально-экономического роста Республики Дагестан // Вестник Московского университета МВД России. 2009. № 4. С. 40-44. EDN: KZFVLR

References

1. Aliyev ShM, Muduyev ShS. Economic and social geography of Dagestan. Makhachkala: Nauka plus, 2008:246. (In Russ). EDN: QUAJRR

2. Idziev GI, Gadzhiev MD, Eldarov EM. Dynamics of industrial and agricultural production in the Republic of Dagestan. *Regional Economy and Management: Electronic Scientific Journal*. (In Russ). 2019(1(57):1-15. EDN: HZPZEX

3. Abdurazakov MA. The state of the agricultural sector in Dagestan economy during the period of radical reforms (1986-1990). *Nauchnye Problemy Gumanitarnyh Issledovaniy*. 2010(2):6-11. (In Russ). EDN: LABFUH

4. Magomedov OA. Priority directions of the modern strategy of socioeconomic growth in the Republic of Dagestan. *Vestnik Moskovskogo Universiteta MVD Rossii*. 2009(4):40-44. (In Russ). EDN: KZFVLR

5. Основные социально-экономические показатели: официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Дагестан. URL: https://05.rosstat.gov.ru/ (дата обращения: 05.08.2025).

6. Дагестан в цифрах: краткий статистический сборник. URL: https://goo.su/lm7zw (дата обращения: 05.08.2025).

7. Магомедов А. М. Экономико-географические аспекты регионального природопользования. М.: Наука, 2009. 340 с.

8. Гаджимурадов С. Т., Амирханова Э. Р. Проблемы развития экономики республики Дагестан на современном этапе // Актуальные проблемы развития региональной экономики: сборник материалов II-й Всероссийской научно-практической конференции (Махачкала, 16-18 апреля 2016 г.). Махачкала: Дагестанский государственный институт народного хозяйства, 2016. С. 161-165. EDN: YLAOHD

9. Муталимов В. А. Перспективы социально-экономического развития республики Дагестан // Поколение будущего: сборник избранных статей Международной студенческой научной конференции (Санкт-Петербург, 31 января 2020 г.). Санкт-Петербург, 2020. С. 172-175. EDN: QSWZDS

5. Key socio-economic indicators: official website of the Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Dagestan. URL: https://05.rosstat.gov.ru/ (accessed 05.08.2025). (In Russ)

6. Dagestan in figures: a brief statistical digest. URL: https://goo.su/lm7zw (accessed 05.08.2025). (In Russ)

7. Magomedov AM. Economic and geographical aspects of regional nature management. Moscow: Nauka, 2009:340. (In Russ).

8. Gadzhimuradov ST, Amirkhanova ER. Problems of economic development in the Republic of Dagestan at the present stage. *Actual Problems of Regional Economic Development: Proceedings of the 2nd All-Russian Scientific and Practical Conference (Makhachkala, April 16-18, 2016).* Makhachkala: Dagestan State Institute of National Economy, 2016:161-165. (In Russ). EDN: YLAOHD

9. Mutalimov VA. Prospects for the socioeconomic development of the Republic of Dagestan. *Generation of the Future: A Collection of Selected Articles from the International Student Scientific Conference (St. Petersburg, January 31, 2020).* St. Petersburg, 2020:172-175. (In Russ). EDN: QSWZDS

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

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

Критерии авторства

Авторы принимали равное участие на всех этапах работы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 10.10.2025
Одобрена после рецензирования 02.11.2025
Принята к публикации 06.11.2025

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

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

Contribution of the authors

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

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 10.10.2025
Approved after reviewing 02.11.2025
Accepted for publication 06.11.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 911.3; 551.468
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-34-41
EDN: LVEZQA

Пространственно-временная динамика острова Тюлений как отклик на современные изменения климата и уровня Каспийского моря

©2025Атаев З. В. ✉[1,2,3], Джамирзоев Г. С.[4],
Гюльмагомедов А. М.[1,2], Фролов Д. А.[2]
[1]Дагестанский государственный университет
[2]Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова
[3]Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук
[4]Государственный природный биосферный заповедник «Дагестанский»
Махачкала, Россия, zagir05@mail.ru✉, dzhamir@mail.ru,
abdulagulmagomedov@mail.ru, dima.frolov932@gmail.com

РЕЗЮМЕ. Цель. Комплексная оценка современной динамики острова Тюлений (Северный Каспий) под совместным воздействием климатических изменений и колебаний уровня моря с использованием современных методов дистанционного зондирования. **Методы.** Исследование основано на анализе многолетних рядов космических снимков Landsat (1977-2015 гг.) и Sentinel-2 (2017-2025 гг.) с применением облачной платформы Google Earth Engine для обработки данных. Использованы инструментальные данные Каспийского научно-исследовательского центра об уровне моря и климатические параметры по метеостанции «Труднодоступная». **Результаты.** Установлено, что современная динамика острова определяется сочетанием долгосрочной регрессии Каспийского моря (падение уровня с -26,5 м в 1995 г. до -29,3 м в 2025 г. по данным Каспийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (КаспНИРХ) и изменяющегося ветрового режима. Площадь острова увеличилась с минимума в 2494 га (2010 г.) до рекордных 12627 га (2025 г.). Выявлено, что на фоне падения уровня Каспия усиливается влияние ветров на процессы обнажения/затопления обширных пологих пространств вокруг острова, и особенно с северо-восточной, восточной и юго-восточной сторон. В 2021-2025 гг. максимальная внутригодовая амплитуда изменений площади достигала 80-125 %, что существенно превышает показатели предыдущих десятилетий. Анализ климатических данных показал рост среднегодовой температуры на 1,1 °С в 1990-2024 гг. и увеличение повторяемости сильных ветров восточных румбов на 15-20 %. **Выводы.** Динамика острова Тюлений является высокочувствительным индикатором комплексных изменений в системе «каспийская акватория – прибрежные ландшафты». Современное увеличение площади острова обусловлено не только падением уровня моря, но и изменением ветрового режима, что согласуется с региональными сценариями IPCC. Полученные результаты важны для прогнозирования состояния прибрежных экосистем Каспия в условиях меняющегося климата.

Ключевые слова: Каспийское море, остров Тюлений, изменение климата, уровень моря, дистанционное зондирование, Google Earth Engine, динамика берегов.

Благодарность

Исследование выполнено за счет 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», http//rscf.ru/project/25-17-20040/.

Формат цитирования: Атаев З. В., Джамирзоев Г. С., Гюльмагомедов А. М., Фролов Д. А. Пространственно-временная динамика острова Тюлений как отклик на современные изменения климата и уровня Каспийского моря // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 3. С. 34-41. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-34-41. EDN: LVEZQA

Spatiotemporal Dynamics of Tyuleniy Island as a Response to Current Climate and Caspian Sea Level Changes

©2025**Zagir V. Ataev**[✉1,2,3], **Gadzhibek S. Dzhamirzoev**[4], **Abdula M. Gyulmagomedov**[1,2], **Dmitry A. Frolov**[2]
[1]Dagestan State University
[2]Gamzatov Dagestan State Pedagogical University
[3]Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
[4]Dagestan State Natural Biosphere Reserve
Makhachkala, Russia, zagir05@mail.ru[✉], dzhamir@mail.ru, abdulagulmagomedov@mail.ru, dima.frolov932@gmail.com

ABSTRACT. Aim. Comprehensive assessment of the current dynamics of Tyuleniy Island (Northern Caspian Sea) under the combined influence of climate change and sea level fluctuations using modern remote sensing methods. **Methods.** The research is based on the analysis of long-term series of Landsat (1977-2015) and Sentinel-2 (2017-2025) satellite imagery using the Google Earth Engine cloud platform for data processing. Instrumental data from the Caspian Scientific Research Center on sea level and climatic parameters from the "Trudnodostupnaya" Weather Station were used. **Results.** It has been established that the current dynamics of the island are determined by a combination of long-term regression of the Caspian Sea (a drop in the level from -26.5 m in 1995 to -29.3 m in 2025, according to the Caspian Research Center) and the changing wind regime. The island's area increased from a minimum of 2,494 hectares (2010) to a record 12,627 hectares (2025). It has been revealed that, due to the falling level of the Caspian Sea, the influence of winds on the processes of exposure/flooding of vast, gently sloping areas around the island, especially on the northeastern, eastern and southeastern sides, is increasing. In 2021-2025, the maximum intra-annual amplitude of area changes reached 80-125 %, which significantly exceeds the values observed in previous decades. Climate data analysis revealed a 1.1 °C increase in average annual temperature from 1990 to 2024 and 15-20 % increase in the frequency of strong easterly winds. **Conclusions.** The dynamics of Tyuleny Island is a highly sensitive indicator of complex changes in the "Caspian aquatory – coastal landscapes" system. The island's current expansion is due not only to falling sea levels but also to changing wind patterns, which is consistent with IPCC regional scenarios. The results obtained are important for predicting the state of Caspian coastal ecosystems in a changing climate.

Keywords: Caspian Sea, Tyuleniy Island, climate change, sea level, remote sensing, Google Earth Engine, coastal dynamics.

Acknowledgements
This research was financially supported by grant No. 25-17-20040 from the Russian Science Foundation "Spatiotemporal Variability of Coastal Natural and Anthropogenic Landscapes of Dagestan Under the Influence of Current Climate Change and Caspian Sea Level Fluctuations", http://rscf.ru/project/25-17-20040/.

For citation: Ataev ZV., Dzhamirzoev GS, Gyulmagomedov AM, Frolov DA. Spatiotemporal Dynamics of Tyuleniy Island as a Response to Current Climate and Caspian Sea Level Changes. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(3):34-41. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-34-41. EDN: LVEZQA

Введение

Каспийское море, являясь крупнейшим замкнутым водоемом мира, представляет собой уникальную природную систему, чувствительную к глобальным и региональным климатическим изменениям [1-3]. Колебания его уровня, достигавшие в историческом прошлом 15-20 м, остаются одной из центральных проблем региональной геоэкологии. Согласно последним исследованиям, на естественную цикличность уровня Каспийского моря накладываются антропогенные изменения климата, что делает актуальным изучение реакции прибрежных ландшафтов на комплексное воздействие этих факторов [4].

Остров Тюлений, расположенный в северо-западной части моря, служит идеальным природным полигоном для таких исследований (рис. 1). Его низменные ландшафты, включающие плавни, песчаные косы и полупустынные участки, чрезвычайно чувствительны к изменениям уровня моря и метеорологического ре-

жима [5; 6]. Современный период характеризуется значительным падением уровня Каспия (до -29,3 м к 2025 г. по данным КаспНИРХ) на фоне роста среднегодовых температур и изменения режима атмосферной циркуляции [7].

Развитие технологий дистанционного зондирования, в частности появление облачных платформ обработки данных типа Google Earth Engine, открывает новые возможности для мониторинга таких динамичных прибрежных систем [8]. Целью данной работы являлась комплексная оценка современной динамики острова Тюлений под совместным влиянием климатических изменений и колебаний уровня Каспийского моря с использованием современных методов анализа спутниковых данных.

Материалы и методы исследования

Исследование выполнено на основе комплексного анализа данных дистанционного зондирования и климатических наблюдений. Для оценки многолетней динамики площади острова использовались ряды космических снимков со спутников Landsat 5-8 (1977-2015 гг.) и Sentinel-2 (2017-2025 гг.). Обработка данных проводилась с использованием облачной платформы Google Earth Engine, что позволило проанализировать весь доступный архив снимков и минимизировать влияние атмосферных помех [8].

Методика включала автоматизированное выделение контуров острова с применением индекса NDWI (Normalized Difference Water Index), векторизацию полученных масок и расчет площадей для каждого временного среза, и построение временных рядов изменчивости площади.

Климатический анализ включал обработку данных метеостанции «Труднодоступная» на острове Тюлений за 2014-2024 гг., а также реанализов ERA5 для получения непрерывных рядов температуры воздуха и параметров ветра за 1990-2024 гг. [9]. Данные об уровне Каспийского моря получены из базы данных КаспНИРХ. Статистический анализ проводился с использованием методов корреляционного и регрессионного анализа в среде R.

Результаты и их обсуждение

Климатический контекст современной динамики острова. Анализ климатических данных выявил значимые изменения метеорологического режима в районе исследований. Среднегодовая температура воздуха на острове Тюлений демонстрирует устойчивый рост, увеличившись на 1.1 °C за 1990-2024 гг. ($r = 0.78$, $p < 0,01$). Наиболее значительный рост температур наблюдается в зимние месяцы (до +1.8 °C), что согласуется с общерегиональными тенденциями, отмеченными в Докладе Росгидромета об особенностях климата на территории Российской Федерации [7].

Важные изменения отмечены в ветровом режиме. За 2000-2024 гг. увеличилась повторяемость сильных ветров (более 10 м/с) восточных и юго-восточных румбов на 15-20 %, которые вызывают нагонные явления и временное затопление низменных частей острова. Только за 2023 г. повторяемость ветров восточных румбов была более 54 % (200 дней в году). Одновременно возросла интенсивность северо-западных ветров, ответственных за сгонные явления и обнажение обширных осушек. Эти изменения согласуются с модельными сценариями изменения циркуляции атмосферы в Каспийском регионе [10].

Многолетняя динамика площади острова в условиях падения уровня моря. Сопоставление данных об уровне Каспийского моря и площади острова выявило четкую обратную корреляцию ($r = -0,91$, $p < 0,001$). Падение уровня моря с -26,5 м (1995 г.) до -29,3 м (2025 г.) привело к значительному увеличению площади острова (табл. 1).

Таблица 1. **Изменение площади острова Тюлений в 1995-2025 гг.**
Table 1. Changes in the area of Tyuleniy Island in 1995-2025

Год Year	Уровень моря, м Sea level, m	Площадь, га Area, ha
1995	-26,5	Нет данных
2010	-26,9	2494
2015	-28,1	3270
2017	-27,99	3810-5778
2018	-28,03	3744-5689
2019	-28,2	3870-6219
2020	-28,7	3950-6729
2021	-28,43	4668-7529
2022	-28,7	3980-8965
2023	-28,99	4983-10835 (20450*)
2024	-29,24	6418-11648
2025	-29,3	6716-12627 (13869*)

Примечание: * – площадь с учетом обнажения литорали при штормовых северо-западных ветрах. Данные по уровню моря взяты из официальных источников (Координационный комитет по гидрометеоро-

логии Каспийского моря, Каспийский морской научно-исследовательский центр, Гидрометеорологическая служба прикаспийских стран), площадь острова высчитана по космоснимках.

Note: * – area including exposure of the littoral zone during storm northwesterly winds. Sea level data are taken from official sources (Coordinating Committee for Hydrometeorology of the Caspian Sea, Caspian Marine Research Center, Hydrometeorological Service of the Caspian Littoral Countries); the island area is calculated from satellite imagery.

Особенно интенсивный рост площади наблюдается после 2015 г., когда темпы падения уровня моря усилились. К 2025 г. площадь острова достигла рекордных значений за весь период инструментальных наблюдений (рис. 2).

На космоснимках Sentinel-2 видно, как центральный залив острова, существовавший до 2015 г., практически полностью высох к 2017 г., а вдоль восточного и южного побережий сформировались новые обширные территории осушки.

Усиление роли ветрового фактора в современной динамике острова. Анализ внутригодовой изменчивости площади выявил значительное увеличение амплитуды колебаний в последнее десятилетие (табл. 2). Если в 2001 г. сезонные изменения площади не превышали 5-7 %, то в 2021-2024 гг. разница между минимальными и максимальными значениями достигала 80-125 %, а с учетом показателей при аномальных штормовых северо-западных ветрах – до 310 %.

Такое увеличение амплитуды объясняется не столько сильным изменением ветрового режима, сколько появлением в условиях падения уровня Каспийского моря обширных пологих мелководий, быстро затапливаемых или обнажающихся при сгонно-нагонных ветрах восточных и западных направлений.

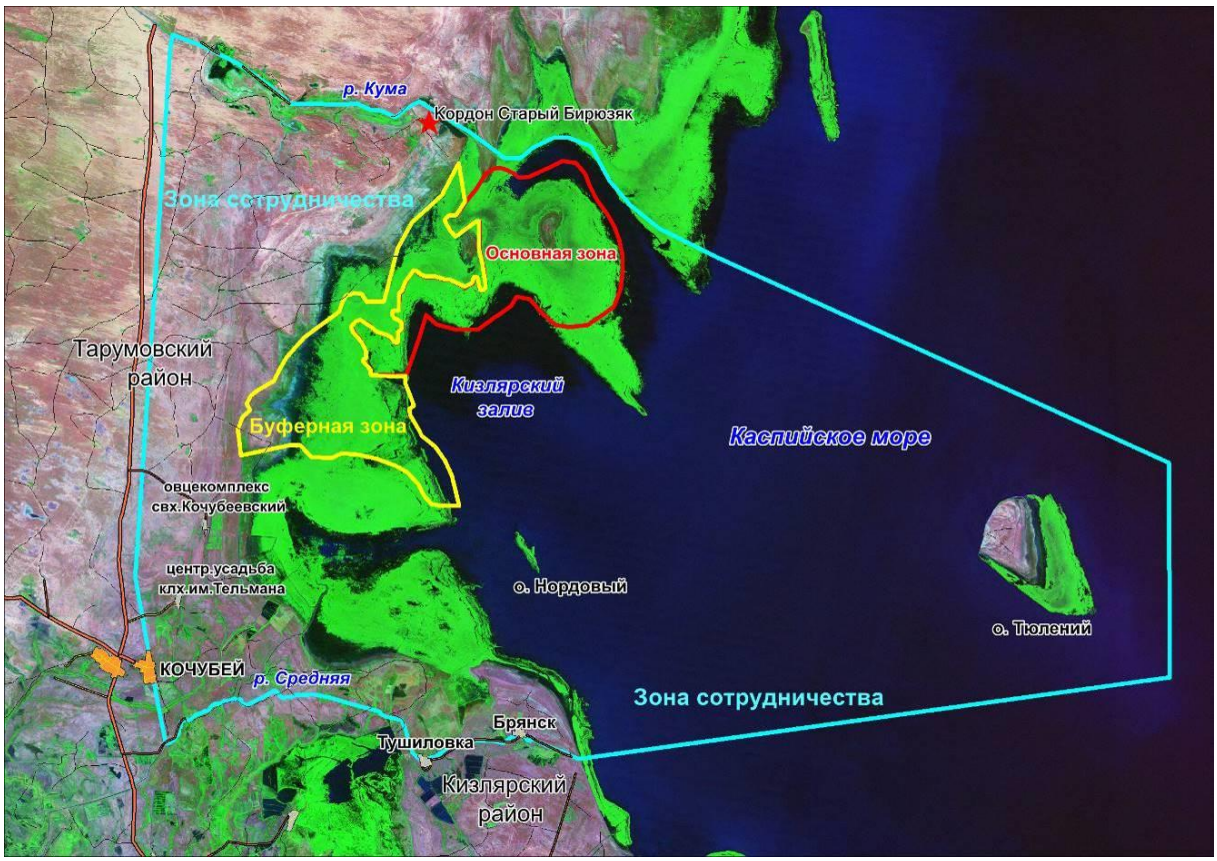


Рис. 1. **Расположение острова Тюлений в составе биосферного резервата ЮНЕСКО «Кизлярский залив»**
Fig. 1. Location of Tyuleniy Island within the Kizlyar Bay UNESCO Biosphere Reserve



Рис. 2. **Многолетняя динамика площади острова Тюлений (1977-2025 гг.)**
Fig. 2. Long-term dynamics of Tyuleniy Island's area (1977-2025)

Таблица 2. **Сезонная динамика площади острова Тюлений в 2017-2025 гг.**
Table 2. Seasonal dynamics of Tyuleniy Island's area in 2017-2025.

Период (год) Period (year)	**Максимальная зафиксированная амплитуда сезонных колебаний площади, %** Maximum recorded amplitude of seasonal fluctuations in area, %	**Максимальная зафиксированная амплитуда сезонных колебаний площади, га** Maximum recorded amplitude of seasonal fluctuations in area, ha
2017	51,6	3810-5778
2018	51,9	3744-5689
2019	60,7	3870-6219
2020	70,4	3950-6729
2021	61,3	4668-7529
2022	125,3	3980-8965
2023	117,4 (310,4*)	4983-10835 (20450*)
2024	81,5	6418-11648
2025	88,0 (106,5*)	6716-12627 (13869*)

Примечание: * – площадь с учетом обнажения литорали при штормовых северо-западных ветрах.
Note: * – area taking into account the exposure of the littoral zone during storm north-westerly winds.

Заключение

Проведенное исследование с использованием современных методов дистанционного зондирования демонстрирует, что современная динамика острова Тюлений определяется комплексным воздействием климатических изменений и колебаний уровня Каспийского моря.

1. Установлено, что наблюдаемое падение уровня Каспийского моря является главным фактором, определяющим долгосрочную тенденцию к увеличению площади острова, которая достигла к 2025 г. рекордных значений (12627 га).

2. На фоне снижения уровня Каспия выявлено усиление влияния ветрового режима на внутригодовую (сезонную) динамику острова. Предполагается, что изменение характеристик ветра (усиление, учащение экстремальных явлений) также привело к значительному увеличению амплитуды сезонных колебаний площади, что согласуется с региональными сценариями изменения климата IPCC.

3. Показано, что остров Тюлений служит высокочувствительным индикатором комплексных изменений в системе «каспийская акватория – прибрежные ландшафты». Его современная динамика отражает не только гидрологические, но и климатические тренды, характерные для Северного Прикаспия.

Применение доступных материалов дистанционного мониторинга и платформ обработки этих данных позволило существенно повысить точность и надежность оценок динамики береговой линии. Полученные результаты имеют важное значение для разработки прогнозов развития прибрежных экосистем Каспийского моря в условиях меняющегося климата и могут быть использованы при планировании природоохранных мероприятий в регионе.

Список источников

1. Панин Г. Н., Мамедов Р. М., Митрофанов И. В. Современное состояние Каспийского моря. М.: Наука, 2005. 355 с.

2. Hoogendoorn RM, Boels JF, Kroonenberg SB, Simmons MD, et al. Development of the Kura delta, Azerbaijan; a record of Holocene Caspian Sea-level changes. *Marine Geology*. 2005;222(1):359-380. DOI: 10.1016/j.margeo.2005.06.007

3. Фролов А. В. Моделирование многолетних колебаний уровня Каспийского моря: Теория и приложения. М.: ГЕОС, 2003. 174 с. EDN: YIHLTZ

4. Pörtner H-O, Roberts DC, Tignor M, Poloczanska E (eds.), et al. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022:3056. DOI:10.1017/9781009325844

References

1. Panin GN, Mamedov RM, Mitrofanov IV. Present state of the Caspian Sea. Moscow: Nauka, 2005:355. (In Russ)

2. Hoogendoorn RM, Boels JF, Kroonenberg SB, Simmons MD, et al. Development of the Kura delta, Azerbaijan; a record of Holocene Caspian Sea-level changes. *Marine Geology*. 2005;222(1):359-380. DOI: 10.1016/j.margeo.2005.06.007

3. Frolov AV. Modeling of long-term Caspian Sea level fluctuations: Theory and applications. Moscow: GEOS, 2003:174. (In Russ). EDN: YIHLTZ

4. Pörtner H-O, Roberts DC, Tignor M, Poloczanska E (eds.), et al. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022:3056. DOI:10.1017/9781009325844

5. Балгуев Т. Р. Современные природные комплексы острова Тюлений в северо-западной части Каспийского моря и перспективы их природоохранного использования: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Нальчик, 2011. 30 с.

6. Джамирзоев Г. С. Остров Тюлений // Ключевые орнитологические территории России. Т. 3. Ключевые орнитологические территории международного значения в Кавказском экорегионе. М.: Союз охраны птиц России, 2009. 302 с.

7. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2023 год. М.: Росгидромет, 2024. 104 с.

8. Gorelick N, Hancher M, Dixon M, Ilyushchenko S, et al. Google Earth engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*. 2017;202:18-27.

9. Hersbach H, Bell B, Berrisford P, Horányi A, et al. The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2020;146(730):1999-2049.

10. Атаев З. В., Братков В. В., Гаджибеков М. И. Полупустынные ландшафты Северо-Западного Прикаспия. Изменчивость климата и динамика. Махачкала: ДГПУ, 2011. 123 с.

5. Balguev TR Modern natural complexes of Tyuleniy Island in the North-Western part of the Caspian Sea and prospects for their conservation use: Author's abstract of Ph.D. (Geography). Nalchik, 2011:30. (In Russ)

6. Dzhamirzoev GS. Tyuleniy Island. Key ornithological territories of Russia. Vol. 3. Key bird areas of international importance in the Caucasus Ecoregion. Moscow: Bird Conservation Union of Russia, 2009:302. (In Russ)

7. Report on climate features in the Russian Federation for 2023. Moscow: Roshydromet, 2024:104. (In Russ)

8. Gorelick N, Hancher M, Dixon M, Ilyushchenko S, et al. Google Earth engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*. 2017;202:18-27.

9. Hersbach H, Bell B, Berrisford P, Horányi A, et al. The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2020;146(730):1999-2049.

10. Ataev ZV, Bratkov VV, Gadzhibekov MI. Semidesert landscapes of the North-Western Caspian Region. Climate variability and dynamics. Makhachkala: DSPU, 2011:123. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

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

Джамирзоев Гаджибек Сефибекович, кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе, Государственный природный биосферный заповедник «Дагестанский», Махачкала, Россия, dzhamir@mail.ru

Гюльмагомедов Абдула Мугутдинович, преподаватель кафедры рекреационной географии и устойчивого развития, Дагестанский государственный университет; аспирант кафедры географии и методики преподавания, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, abdulagulmagomedov@mail.ru

Фролов Дмитрий Андреевич, аспирант кафедры географии и методики преподавания, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, dima.frolov932@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

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

Gadzhibek S. Dzhamirzoev, Ph.D. (Biology), Deputy Director for Scientific Work, Dagestan State Natural Biosphere Reserve, Makhachkala, Russia, dzhamir@mail.ru

Abdula M. Gyulmagomedov, Lecturer, Department of Recreational Geography and Sustainable Development, Dagestan State University; Ph.D. student, Department of Geography and Teaching Methods, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, abdulagulmagomedov@mail.ru

Dmitry A. Frolov, Ph.D. student, Department of Geography and Teaching Methods, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, dima.frolov932@gmail.com

Критерии авторства

Атаев З. В. участвовал в общем руководстве и написании статьи; Джамирзоев Г. С. принимал

Contribution of the authors

Ataev Z. V. participated in the general guidance and writing the paper; G. S. Dzhamirzoev took part

участие в полевом экспедиционном сборе материала, дешифрировании и анализе космоснимков, написании статьи; Фролов Д. А. обрабатывал метеорологический материал по метеостанции «Труднодоступная» (Остров Тюлений).

in field expedition collection of material, decoding and analyzing satellite images and writing the paper; Frolov D. A. processed meteorological material at the "Trudnodostupnaya" Weather Station (Tyuleniy Island).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 28.10.2025
Одобрена после рецензирования 03.11.2025
Принята к публикации 10.11.2025

The article was submitted 28.10.2025
Approved after reviewing 03.11.2025
Accepted for publication 10.11.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 551.583
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-41-51
EDN: MEBYEQ

Трансформация Домбайско-Гоначхирской дестинации в условиях изменений климата и рекреационной нагрузки

©2025**Башкаев А. М., Онищенко В. В.**✉, **Чомаева М. Н.**
Карачаево-Черкесский государственный университет им. У. Д. Алиева
Карачаевск, Россия, alan1997bashkaev@mail.ru, ovv333@mail.ru✉,
m.tchomaeva@yandex.ru

РЕЗЮМЕ. Цель. Оценка трансформации природно-территориального комплекса (ПТК) рекреационной Домбайско-Гоначхирской дестинации в изменяющемся климате Карачаево-Черкесской Республики (КЧР) и пути восстановления утраченных ландшафтов. **Методы.** Модельной территорией выступает Домбайско-Гоначхирская депрессия, представляя собой место туристского назначения (паломничества) – дестинацию, расположенную в области интенсивной рекреации, находящейся между Главным и Боковым хребтами КЧР. Визуализация информации осуществлялась при помощи специализированных программ ГИС, удобных и эффективных в изучении динамики климата и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). **Результаты.** Анализ динамики климата за 60 лет и изменение геоэкологической ситуации модельной территории устанавливают степень трансформации геосистем и определяют прогнозирование пути сбалансированного, рекреационного природопользования и восстановления коренной структуры лесных сообществ. Мониторинг регионального изменения климата и интенсивного рекреационного развития в сложных природно-географических условиях Карачаево-Черкесской Республики конкретизирует решение задач «Климатической доктрины Российской Федерации», утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 26 октября 2023 г. № 812. **Выводы.** Проектное расширение горнолыжного комплекса в Домбайско-Гоначхирской дестинации целесообразно осуществлять одновременно с мероприятиями по восстановлению коренной растительности, повышая ее устойчивость формированием соответствующего состава древостоев с доминированием пихты кавказской и сосны крючковатой. Климатические изменения в зоне интенсивного рекреационного развития КЧР в сочетании с внесистемной хозяйственной деятельностью способствуют трансформации геосистем, нарушению направленной смены лесных сообществ, возвращению сукцессий леса в исходное состояние.

Ключевые слова: интернет-информация, ГИС-технологии, динамика климата, горная депрессия, дестинация, рекреация, трансформация геосистем, лесные сукцессии, баланс природопользования.

Формат цитирования: Башкаев А. М., Онищенко В. В., Чомаева М. Н. Трансформация Домбайско-Гоначхирской дестинации в условиях изменений климата и рекреационной нагрузки // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 3. С-41-51. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-41-51. EDN: MEBYEQ

Transformation of the Dombay-Gonachkhir Destination in the Context of Climate Change and Recreational Pressure

©2025Alan M. Bashkaev, Vyacheslav V. Onishchenko✉, Madina N. Chomaeva
Umar Aliev Karachay-Cherkess State University
Karachaevsk, Russia, alan1997bashkaev@mail.ru, ovv333@mail.ru✉,
m.tchomaeva@yandex.ru

ABSTRACT. Aim. To assess the natural-territorial complex transformation of the Dombay-Gonachkhir recreational destination in the changing climate of the Karachay-Cherkess Republic (KCR) and ways to restore lost landscapes. **Methods.** The model territory is the Dombay-Gonachkhir depression, which is a tourist destination (pilgrimage) – a destination located in an area of intensive recreation between the Main and Lateral ridges of the Karachay-Cherkess Republic. Information visualization was carried out using specialized GIS programs, which are convenient and effective in studying climate dynamics and Earth remote sensing (ERS). **Results.** An analysis of climate dynamics over 60 years and changes in the geoecological situation of the model area establish the degree of geosystems transformation and determine the forecast for balanced recreational nature management and restoration of the indigenous structure in the forest communities. Monitoring regional climate change and intensive recreational development in the complex natural and geographical conditions of the Karachay-Cherkess Republic further addresses the objectives of the "Climate Doctrine of the Russian Federation", approved by Decree No. 812 of the President of the Russian Federation dated October 26, 2023. **Conclusions.** It is advisable to implement the planned expansion of the ski resort in the Dombay-Gonachkhir destination simultaneously with measures to restore native vegetation, increasing its resilience by creating an appropriate stand composition dominated by Caucasian fir and Japanese pine. Climate change in the zone of intensive recreational development in the Karachay-Cherkess Republic, combined with unsystematic economic activity, contributes to the transformation of geosystems, disrupting the directed replacement of forest communities and returning forest successions to their original state.

Keywords: Internet information, GIS technologies, climate dynamics, mountain depression, destination, recreation, transformation of geosystems, forest successions, balance of environmental management.

For citation: Bashkaev AM, Onishchenko VV, Chomaeva MN. Transformation of the Dombay-Gonachkhir Destination in the Context of Climate Change and Recreational Pressure. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(3):41-51. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-41-51. EDN: MEBYEQ

Введение

Изучение климата Карачаево-Черкесской Республики началось во второй половине XIX в., когда горные регионы северного склона Западного Кавказа рассматривались в качестве расширения курортного лечения. Биологическое и ландшафтное разнообразие поражало путешественников и ученых своей неповторимостью и мозаичной роскошью. Уже первые результаты изучения климатических показателей, таких как температурный режим, влажность воздуха и количество солнечных дней подтвердили целесообразность рекреационного и стратегического освоения диких горных территорий.

Метеонаблюдения по программе метеопоста расширялись по территории в зависимости от внедрения определенного вида использования природных ресурсов с установленной периодичностью. В разные годы на территории региона работали до десяти станций, отражающих метеорологический режим высотно-поясной зональности [1]. В настоящее время в полном объеме функционирует 6 метеостанций в различных природно-климатических зонах республики.

Изученность климата КЧР весьма обширна и отражена многими публикациями. Однако трансформация геоэкологической среды в сложном орографическом регионе и адаптация населения порождают необходимость мониторинга изменения геоэкологической ситуации. Актуальность данного направления приобретает особое значение в контексте дифференцированного изменения подстилающей поверхности в меняющемся климате и интенсивной традиционно-рекреационной нагрузке на окружающую среду региона.

Цель исследования – оценка трансформации ПТК рекреационной Домбайско-Гоначхирской дестинации в изменяющемся климате Карачаево-Черкесской Республики и пути восстановления утраченных ландшафтов.

По природно-климатическим параметрам на территории республики выделяют четыре климатических пояса: равнинно-холмистый, низкогорный, среднегорный и высокогорный, каждому из которых соответствует умеренно-континентальный, умеренно теплый, умеренно влажный и умеренно холодный климат [2].

Основным фактором формирования климатических условий КЧР является рельеф в сложной системе разновысотных хребтов и котловин (рис. 1).

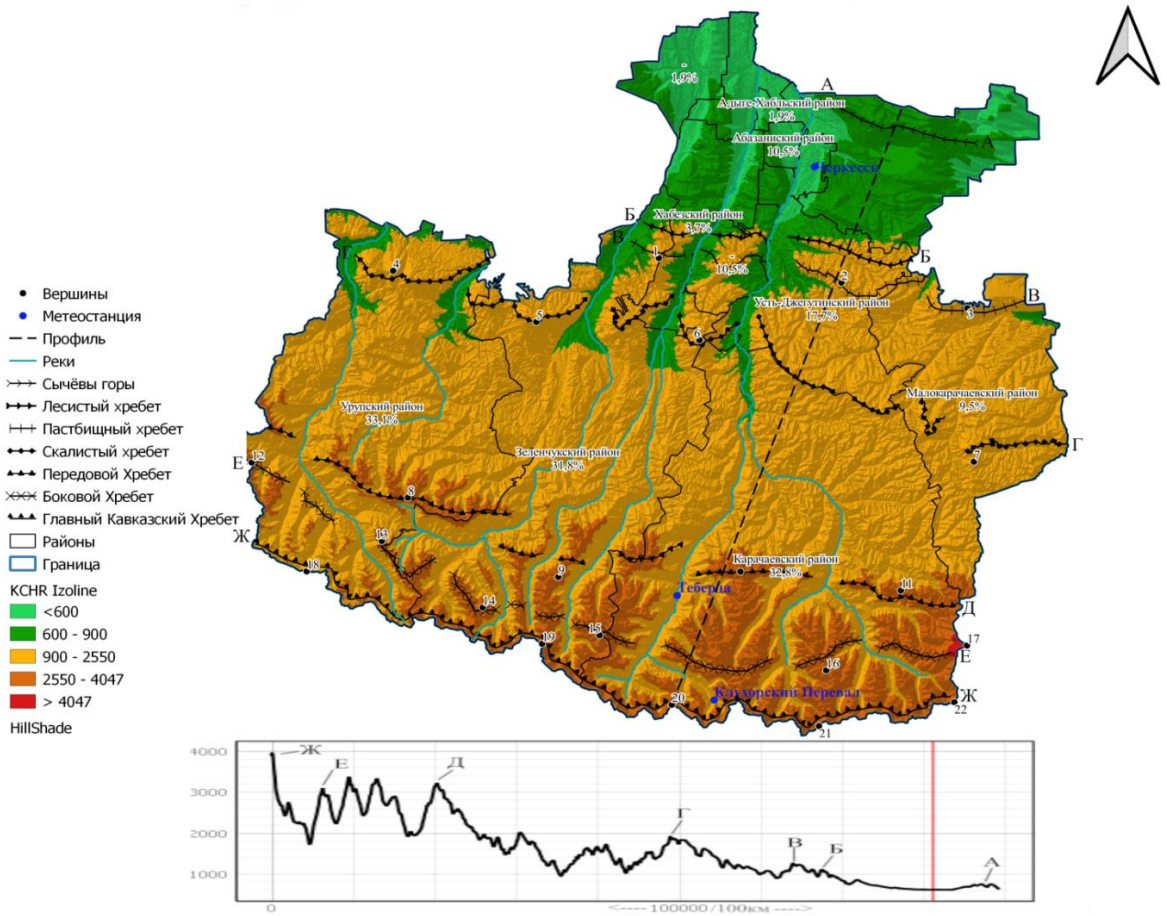


Рис. 1. **ГИС-карта географической и административной структуры Карачаево-Черкесии**

Примечание: А – Сычёвы горы; Б – Лесистый хребет; В – Пастбищный хребет; Г – Скалистый хребет; Д – Передовой хребет; Е – Боковой хребет; Ж – Главный Кавказский хребет. Вершины: 1 – Крейда (1230 м), 2 – Эльтаркач (1535 м), 3 – Дарья (1463 м), 4 – Лысая (1662 м), 5 – Больше (1751 м), 6 – Джангур (1560 м), 7 – Мал. Бермамыт (2644 м), 8 – Речепста (3214 м), 9 – Кызыл-Аушн (3141 м), 10 – Кенделляр-Ляр (3416м), 11 – Садырляр (3314м), 12 – Дамхурц (3193м), 13 – Закан-Сырт (3097м), 14 – София (3687м), 15 – Бол. Марка (3758м), 16 – Курша (3870м), 17 – Эльбрус (5642м), 18 – Чмахара (2664 м), 19 – Каракая (3892 м), 20 – Домбай-Ульген (4046 м), 21 – Гвандра 3984 м), 22 – Чипер (3450 м).

Fig. 1. GIS map of the geographical and administrative structure of Karachay-Cherkessia

Note: A is Sychevy Mountains; Б is Lesisty Ridge; B is Pastbishchny Ridge; Г is Skalisty Ridge; Д is Forward Ridge; E is Lateral Ridge; Ж is Main Caucasus Range. Peaks: 1 is Kreida (1230 m), 2 is Eltarkach (1535 m), 3 is Darya (1463 m), 4 is Lysaya (1662 m), 5 is Bolshe (1751 m), 6 is Dzhangur (1560 m), 7 is Mal. Bermamyt (2644 m), 8 is Rechepsta (3214 m), 9 is Kyzyl-Aush (3141 m), 10 is Kendellar-Lyar (3416 m), 11 is Sadyrlyar (3314 m), 12 is Damhurts (3193 m), 13 is Zakan-Syrt (3097 m), 14 is Sofia (3687 m), 15 is Bol. Mark (3758 m), 16 is Curonian (3870 m), 17 is Elbrus (5642 m), 18 is Chmakhara (2664 m), 19 is Karakaya (3892 m), 20 is Dombay-Ulgen (4046 m), 21 is Gvandra 3984 m), 22 is Chiper (3450 m).

Под влиянием параметров рельефа, орографии, высоты над уровнем моря и характера подстилающей поверхности существенно видоизменяются радиационный режим и циркуляция воздушных масс. Создаются микро- и мезоклиматические контрасты климатических условий в различных районах республики.

Метеостанция «Клухорский перевал» (в качестве модельной) расположена в верхней части среднегорий высокогорно-альпийского рельефа Домбайско-Гоначхирской депрессии. Мезосклон Главного Кавказского хребта, где расположена метеостанция, характеризуется карами, цирками, трогами и висячими боковыми долинами. Абсолютная высота метеостанции – 2070 м н. у. м. Территория не принадлежит к зоне «дождевой тени», с ограниченными осадками. Выпадение их соответствует общему характеру увеличения с высотой.

Следует отметить, что в сегменте климата м/с «Клухорский перевал» отмечается застой холодного воздуха, поэтому здесь, особенно зимой, наблюдается понижение температуры воздуха [1]. Таким образом, геосистема, окружающая метеостанцию, объединяет два типа – умеренно влажный и умеренно холодный климаты. Выделенная территория Домбайско-Гоначхирской депрессии является типичной в геоэкологическом отношении.

Материал и методы исследования

Статистические ряды распределения климатических показателей получены из фондов сайта [3]. Преобразования, анализ и систематизация динамики среднегодовых и сезонных температур воздуха, а также атмосферных осадков за 66 лет (минимальным периодом климатических наблюдений считается 30 лет) проводились математическими методами, универсальность которых связана с большими объемами количественной информации [4].

Выявление малозаметных, но накапливающихся изменений геосистемы осуществлялось методом интегрированной оценки полевых исследований с функционалом ДЗЗ. Исследование в среде ГИС позволило создать блок трансформированных горно-лесных сообществ в структуре распределения теплового поля типичной модельной геосистемы из пяти взаимосвязанных межгорных котловин (геокомплексов).

Результаты и их обсуждение

Динамика метеоданных высокогорной станции «Клухорский перевал» рассматривает изменения горного климата у верхней границы леса Домбайско-Гоначхирской дестинации, на территории Тебердинского национального парка. Здесь климат формируется в условиях сложных сочетаний рельефа, орографии, в непосредственной близости основного узла современного оледенения Западного Кавказа [1]. Мозаичность подстилающей поверхности весьма существенно перераспределяет изменчивость радиационного баланса, тепловых полей и циркуляцию воздушных потоков. Климат Домбайско-Гоначхирской дестинации формируется в высотно-поясной дифференциации ландшафтов. Диапазон абсолютных отметок – 1450-4000 м н. у. м.

Изменение ПТК происходит под влиянием различных факторов, тем не менее, механизм их воздействия в основном схожий: все факторы в первую очередь влияют на тепло- и влагообеспеченность, которые затем оказывают дальнейшее воздействие на все компоненты окружающей среды.

Анализ изменения климата на территории Домбайско-Гоначхирской депрессии, характерной для северного склона Западного Кавказа, проведен с использованием программы Microsoft Excel, с возможностью автоматизации процессов обработки. Статистические данные средних значений температур и количества осадков на метеостанции «Клухорский перевал» с 1959 по 2024 г. получены с сайта [3]. Обработана и проанализирована информация о гидротермических условиях за 66 лет.

Колебание среднегодовой температуры воздуха на метеостанции «Клухорский перевал» (рис. 2) определило среднее значение – 4,2 °С при отклонении 0,76. Минимальный уровень снижения температуры за 66 лет был 2,1 °С в 1992 г. Максимальное увеличение, до 6,1 °С, зарегистрировано в 2010 г. Линейный тренд температуры воздуха показывает тенденцию к увеличению с разницей между крайними показателями +0.50 °С, т. е. демонстрирует некоторое потепление.

При этом выше лесного пояса, у границы которого расположена метеостанция «Клухорский перевал», увеличение температуры воздуха за 1959-2024 гг. существенно больше.

Количество выпавших осадков, одного из основных показателей климата, за многолетний период варьировало от 1161 до 2377 мм/год в 2024 и 2001 гг. соответственно. Среднее значение составило

1768 мм/г. при стандартном отклонении 289 (рис. 3).

Линейный тренд осадков, как и температуры, показал тенденцию увеличения, разница между конечным и начальным значениями составила 23,5 мм/г. Встречаемость годовой суммы осадков выше среднего показателя составила 46 %, ниже – 54 %, что может свидетельствовать о повышении интенсивности их выпадения по сезонам года.

Сезонное распределение осадков в многолетнем ряду характеризовалось значительным снижением в декабре и январе, к окончанию зимнего периода и в марте отмечалось их увеличение. С апреля по август осадки снижались, особенно к концу календарного лета. Значительное увеличение осадков наблюдается в сентябре и октябре, резко снижаясь в ноябре. Такие тенденции сезонной динамики выпадающих осадков неблагоприятны для сохранения баланса оледенения. Анализ вегетационных периодов, построенных по методу А. Госсена [5], показал участившиеся полузасушливые и даже засушливые периоды в многолетнем климате.

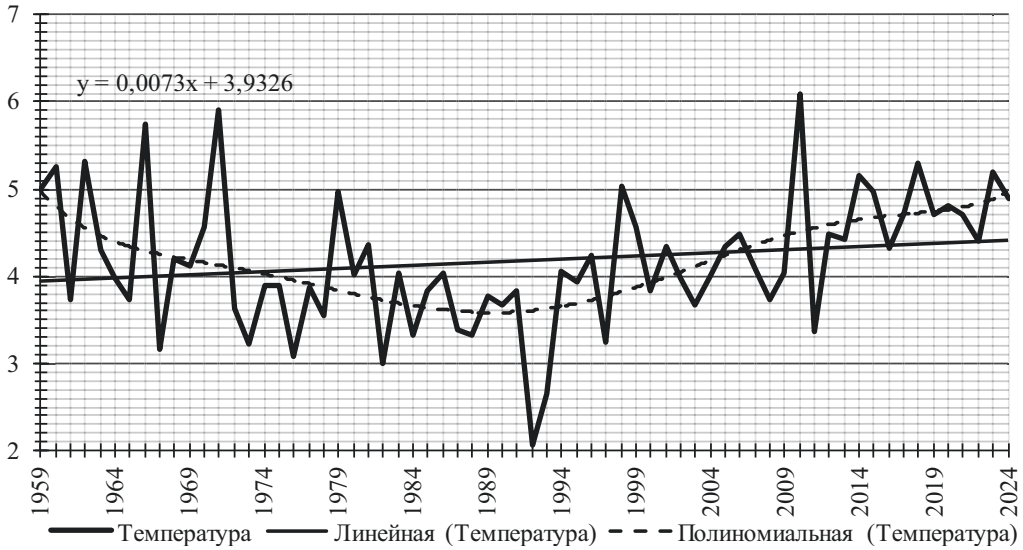


Рис. 2. **Распределение среднегодовой температуры воздуха по метеостанции «Клухорский перевал» (1959-2024 гг.)**
Fig. 2. Distribution of average annual air temperature at the Klukhorsky Pass weather station (1959-2024)

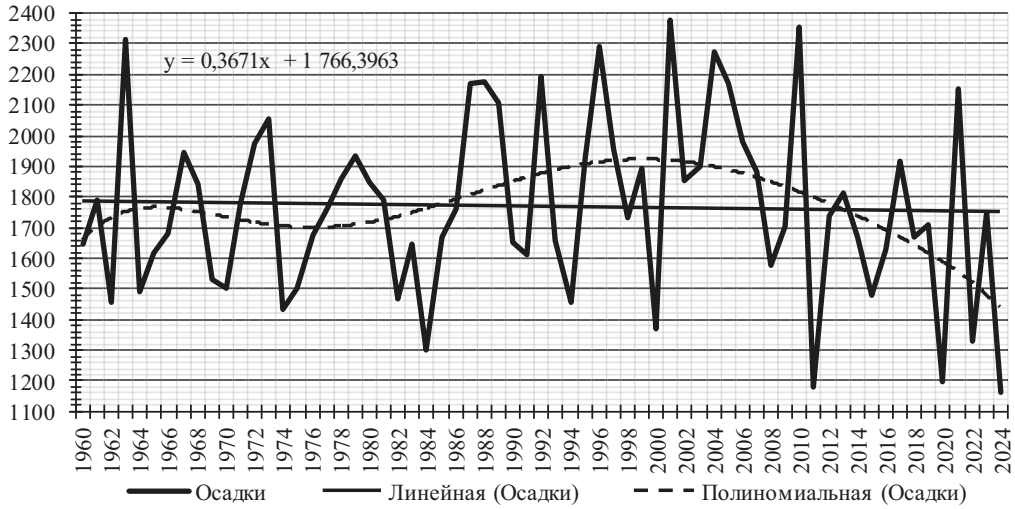


Рис. 3. **Распределение годовых норм атмосферных осадков по метеостанции «Клухорский перевал» (1960-2024 гг.)**
Fig. 3. Distribution of annual precipitation norms at the Klukhorsky Pass weather station (1960-2024)

Существенные колебания сезонных температур и осадков показывают амплитудные значения: максимальные амплитуды температуры воздуха характерны для зимних месяцев (особенно для февраля – $13{,}8^0$), а минимальная – для июня, $6{,}0^0$ (табл. 1). Распределение показателей амплитуды осадков более изменчиво, чем температуры воздуха: максимумы амплитудных значений приходятся на октябрь и январь, минимум отмечается в июле и августе. Позднеосенние амплитуды осадков сопряжены с увеличением амплитуды температуры воздуха. Зимняя и весенне-летняя динамика показателей амплитуды осадков в целом коррелирует с понижением амплитудных значений температуры воздуха. Следует отметить, что в январе при сравнительно большом значении амплитуды осадков также отмечается высокий показатель амплитуды температуры воздуха.

Для оценки увлажнённости территории был использован гидротермический коэффициент (ГТК) Г. Т. Селянинова [6], который широко применяется при общей оценке климата в природопользовании и выделения зон различного уровня влагообеспеченности.

$$ГТК = \frac{\sum P}{\sum T * \mathbf{0{,}1}} (1)$$

где: P – сумма осадков в миллиметрах за период с температурами выше +10 °C, T – сумма температур выше 10 °C за тот же период. ГТК метеостанции «Клухорский перевал» составил 1.08, что относится к типу лесостепи, или в условиях вертикальной зональности – к нижней границе субальпийского пояса (нижнего уровня высокогорий). За весь период наблюдения ГТК снизился на 0,23 (рис. 4).

Таблица. **Колебания амплитудных значений температуры воздуха и атмосферных осадков метеостанции «Клухорский перевал» (1959-2024гг.)**
Table. Fluctuations in the amplitude values of air temperature and precipitation at the Klukhorsky Pass weather station (1959-2024)

Метеостанция «Клухорский перевал», температура, °C Klukhorsky Pass weather station, temperature, °C													
Месяцы	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***	***10***	***11***	***12***	***За год***
Динамика t °C по многолетним данным													
Ампл. t °C	11,0	13,8	9,0	9,2	6,3	6,0	6,7	8,0	7,1	9,6	12,1	11,3	4,0
Динамика амплитуды осадков, мм за многолетний период													
Ампл. осадк.	488	302	408	341	309	295	245	278	386	539	411	430	1216

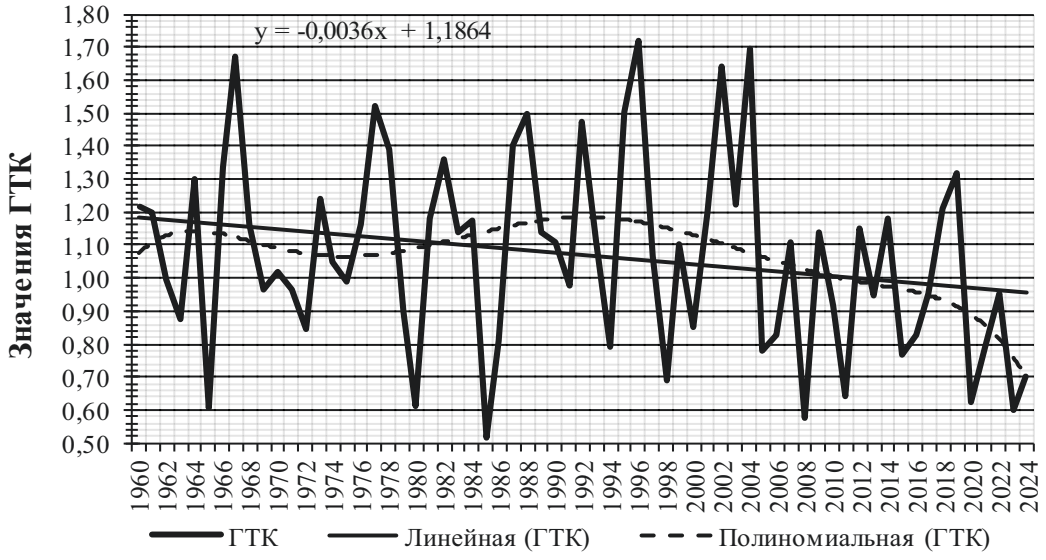


Рис. 4. **Динамика гидротермического коэффициента метеостанции «Клухорский перевал» 1960-2024 гг.**
Fig. 4. The hydrothermal coefficient dynamics of the Klukhorsky Pass weather station, 1960-2024

Среднее значение ГТК составило 1,07 со стандартным отклонением 0,29 и дисперсией 0,09. Минимальный показатель ГТК (0,52) отмечен в 1985 г, максимальный (1,72) в 1996 г. По многолетнему ряду чаще встречаются значения в диапазоне 1,3-0,7, т. е. наклон тренда ГТК показывает тенденцию к засушливости за вегетационный период. Многолетние изменения гидротермических показателей наиболее контрастно отражаются на трансформации горного оледенения в гляциально-нивальном поясе.

Метеостанция «Клухорский перевал» расположена у подножия горного массива Чотча (3637 м) в правобережье р. Северный Клухор – правого притока р. Гоначхир, долина которой является котловиной Центральной внутригорной депрессии, расположенной между Главным и Боковым хребтами. Гоначхирская котловина является северной частью Домбайской Центрально-Юрской депрессии. Площадь Домбайской котловины 198 км^2, протяжённость 14,7 км, ширина 8,4 км [7]. Высотный интервал дна депрессии 1450-2160 м, средняя высота горного обрамления 3260 м при максимальной его высоте 4046 м (Домбай-Ульген). Северо-Западная часть границы депрессии прерывается эрозионным врезом устьев рр. Аманауз и Гоначхир, образующих р. Теберду, протяженностью до 60 км в северном направлении. На пути течения река преодолевает многочисленные отроги Бокового и Передового хребтов.

В устьевом слиянии рр. Аманауз и Гоначхир, у пересечения двух федеральных автодорог – Военно-Сухумской и Домбайской, расположено урочище «Двуречная поляна», которое насыщено транзитным автотранспортом. Это начальный пункт разъезда потоков туризма в Домбайский туристско-горнолыжный комплекс и по живописной Военно-Сухумской дороге на кругозор сегмента Главного хребта у озера Туманлы-Кёль.

Эндемичные и реликтовые горнолесные ландшафты в последние десятилетия стали «заложниками» не только изменяющегося климата, но и не испытываемого ранее антропогенного воздействия. В кардинально новой геоэкологической среде Домбайско-Гоначхирской депрессии активизировались процессы трансформации ПТК.

Значительная концентрация выбросов в относительно замкнутом воздушном пространстве котловин спровоцировало усыхание спелых и перестойных ельников, которые в составе с пихтой кавказской исчезли на склонах межгорной депрессии (рис. 5). Площадь деградации эндемичного хвойного горнолесного массива превысила 100 га.

Последующие неуправляемые пожары в 2022 и 2024 гг. опустошили некогда роскошные лесные склоны.

Домбайско-Гоначхирская депрессия объединяет 5 котловин в форме троговых долин, верхние участки которых, особенно к западу от урочища Хакель, в большей степени заняты ледниками (рис. 5). Долины и ущелья депрессии, обрамленные горными хребтами, находятся в относительно замкнутом пространстве, характеризующимся местным климатом, который зависит от радиационного баланса, местной циркуляции воздуха и близости современного оледенения. Практически на всём протяжении депрессия имеет значительное увлажнение с большим количеством осадков. В Алибекской котловине отмечается застой холодного воздуха, снижающий температуру, особенно в холодное время года. Депрессия не является зоной дождевой тени [8].

Домбайско-Гоначхирская депрессия (дестинация) является территорией насыщенной рекреационной деятельности. Интенсивное расширение туристско-горнолыжной инфраструктуры, радиальная доступность высокогорных привлекательных объектов (озер, ледников, водопадов, панорамных пейзажей, эндемичных лесных и альпийских ландшафтов с реликтовой флорой и т. д), включая ненавязчивый сервис обслуживания, привлекают сюда всевозрастающий поток туристов и посетителей.

За 15 лет количество автотранспорта на дорогах и стоянках Домбайско-Гоначхирского ПТК увеличилось более чем в десять раз, а число посетителей превысило 20-ти кратный уровень.

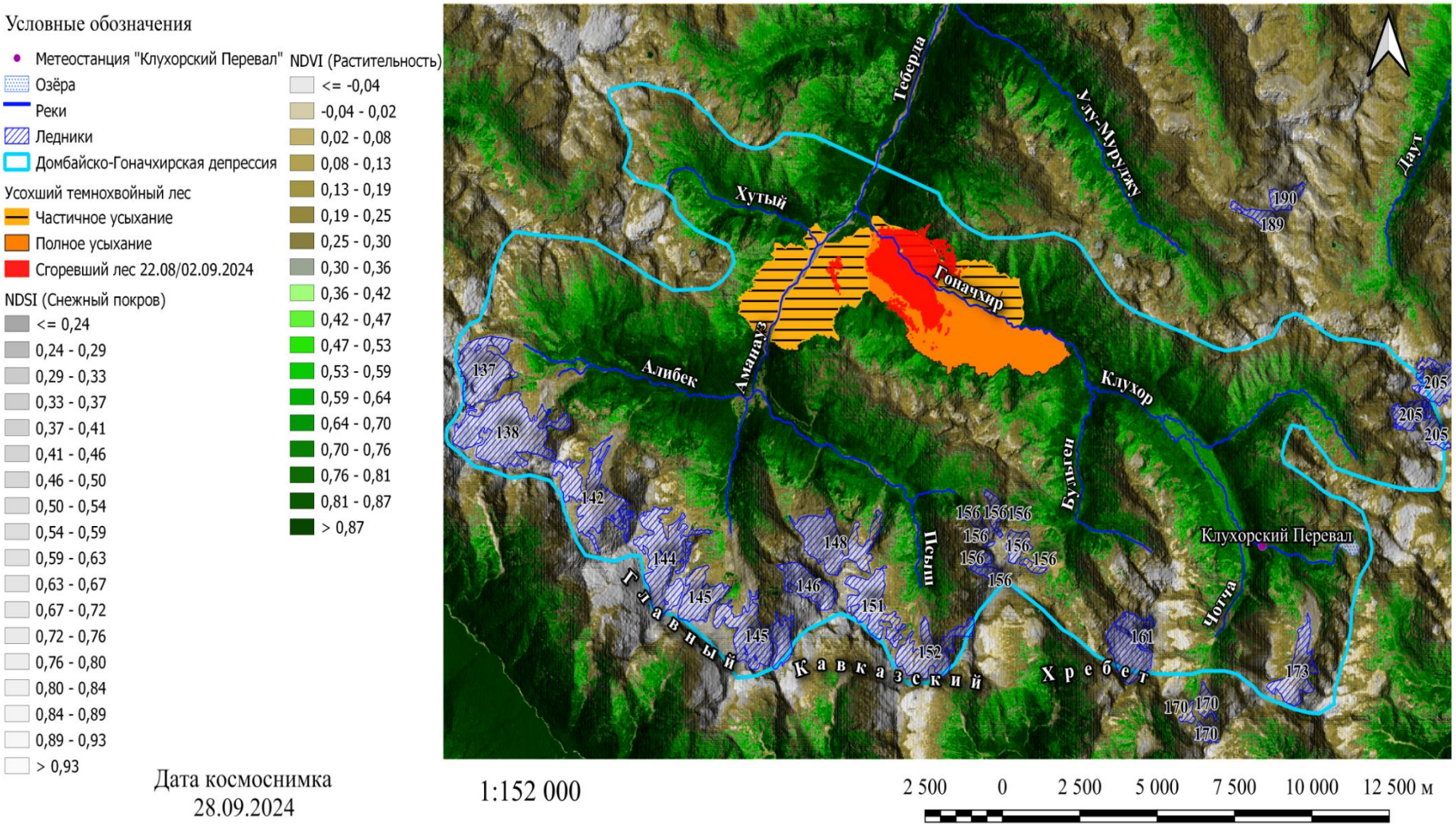


Рис 5. **Карта-схема геоэкологической ситуации в рекреационной Домбайско-Гоначхирской депрессии (дестинации)**
Fig. 5. Map-scheme of the geoecological situation in the recreational Dombay-Gonachkhir depression (destination)

Мезоклиматические различия внутригорного сегмента депрессии определяются также современной деградацией оледенения и сокращением сроков залегания снежного покрова, что в сочетании с возрастающим антропогенным воздействием вызывают трансформацию горных ландшафтов. Участившиеся инверсии климатических показателей, смоги в местах интенсивной рекреации, обволакивающие туманы, изморозь могут свидетельствовать о конкретных последствиях изменения климата [9]. На рисунке 5 показаны трансформированные горнолесные ландшафты, как результат интенсивной рекреационной нагрузки в изменяющемся климате горного региона. Усыхание ели восточной происходило как единичных особей в спелой и перестойной возрастной стадии, так и в составе темнохвойных древостоев, с последующим отмиранием сопутствующих пород. Трансформированный усыхающий лес был подвержен эпизоотии вторичных энтомовредителей и пожарам [10], коренным образом изменившим некогда привлекательный лесной пейзаж.

Современный климат Домбайско-Гоначхирской дестинации и режим охраны ООПТ создают благоприятные условия для естественного лесовозобновления и последовательного развития сукцессий. Территория, представляющая природно-рекреационный интерес для горного туризма и горнолыжного спорта, должна развиваться с учетом причинно-следственных связей трансформации горных ландшафтов.

Заключение

Анализ местного климата по многолетним данным метеостанции «Клухорский перевал» показал:

– увеличение среднегодовой температуры воздуха у границы леса за 65 лет составило 0.5 °С (7,3 %), осадков стало выпадать больше на 23,5 мм/г. (1,3 %). Опережающий рост температуры относительно медленного увеличения выпадающих осадков может свидетельствовать о снижении увлажненности лесной среды, что подтверждается снижением гидротермического коэффициента на 0,23 за 65 лет наблюдений;

– осреднение показателей температуры воздуха и осадков по периодам полиномиальных трендов выявило отдельные изменения в годовых значениях, не устанавливающих существенных климатических аномалий. Однако наблюдается перераспределение температуры и количества осадков по сезонам года. Причем заметна разница между постепенным увеличением среднего количества осадков в период вегетации и их сокращением в холодный период.

Полученная информация о геоэкологических условиях Домбайско-Гоначхирской депрессии (дестинации) позволяет заключить:

– развиваются благоприятные условия для трансформации горного оледенения в связи с повышением среднегодовых температур воздуха и снижением количества выпадающих твердых осадков;

– увеличение показателей среднегодовой температуры воздуха и годового количества осадков при небольшом снижении гидротермического коэффициента способствуют продвижению верхней границы леса и снижению устойчивости к воздействию внешних факторов спелых и перестойных сообществ темнохвойного состава в рекреационной среде;

Полученные результаты подтверждаются заключениями НИЛ геоэкологического мониторинга КЧГУ им. У. Д. Алиева за период с 2000 г. Важным выводом является продвижение верхней границы леса и, соответственно, снижение геоэкологической устойчивости коренных темнохвойных насаждений спелой возрастной стадии.

Проектное расширение горнолыжного комплекса в Домбайско-Гоначхирской дестинации целесообразно осуществлять одновременно с мероприятиями по восстановлению коренной растительности, повышая ее устойчивость формированием соответствующего состава древостоев с доминированием пихты кавказской и сосны крючковатой.

Список источников

1. Лурье П. М., Крохмаль А. Г., Панов В. Д., Панова С. В., Тамов М. Ч. Карачаево-Черкесия: климатические условия. Ростов н/Д: Ростовский государственный университет, 2000. 196 с.

References

1. Lurie PM, Krokhmal AG, Panov VD, Panova SV, Tamov MCh. Karachay-Cherkessia: climatic conditions. Rostov-on-Don: Rostov State University, 2000:196. (Russ)

2. Чубуков Л. А. Комплексная климатология. М.; Л.: АН СССР, 1949. 96 с.

3. Погода и климат. URL: www.pogodaiklimat.ru/ (дата обращения: 28.02.2024)

4. Филандышева Л. Б., Сапьян Е. С. Статистические методы в географии: учебное пособие. Томск: Томский государственный университет, 2015. 164 с. EDN: SIPGXY

5. Елагин И. Н. Фенологические методы изучения лесных биогеоценозов: сборник статей. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1975. 252 с.

6. Мякишева Н. В. Климатическая система Земли: прошлое и настоящее: учебное пособие. СПб.: РГГМУ, 2022. 193 с.

7. Ефремов Ю. В., Панов В. Д., Лурье П. М., Ильичев Ю. Г., Панова С. В., Лутков Д. А. Орография, оледенение, климат Большого Кавказа: опыт комплексной характеристики и взаимосвязей. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2007. 338 с. EDN: XBQEDR

8. Лурье П. М., Панов В. Д., Ткаченко Ю. Ю. Река Кубань: гидрография и режим стока. СПб.: Гидрометеоиздат, 2005. 498 с. EDN: QKFYSV

9. Онищенко В. В., Халамлиев М. И. К вопросу массового усыхания ели восточной на территории Тебердинского национального парка // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 2. С. 74-83. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-74-83. EDN: RVAJXE

10. Дега Н. С., Онищенко В. В., Петропавловский Б. С. Влияние техногенной трансформации воздушной среды на устойчивость хвойных лесов Карачаево-Черкесии // Устойчивое развитие горных территорий. 2018. Т. 10. № 1(35). С. 69-76. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-1-69-76. EDN: XOSITZ

2. Chubukov LA. Integrated climatology. Moscow; Leningrad: USSR Academy of Sciences, 1949:96. (Russ)

3. Weather and climate. URL: www.pogodaiklimat.ru/ (accessed 28.02.2024). (Russ)

4. Filandysheva LB, Sapyan ES. Statistical methods in geography: textbook. Tomsk: Tomsk State University, 2015:164. (Russ). EDN: SIPGXY

5. Elagin IN. Phenological methods for studying forest biogeocenoses: Collection of Papers. Krasnoyarsk: Institute of Forest and Wood, Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, 1975:252. (Russ)

6. Myakisheva NV. The Earth's climate system: past and present: textbook. St. Petersburg: Russian State Hydrometeorological University, 2022:193. (Russ)

7. Efremov YuV, Panov VD., Lurye PM, Ilyichev YuG, et al. Orography, glaciation, and climate of the Greater Caucasus: a comprehensive analysis of characteristics and interrelations. Krasnodar: Kuban State University, 2007:338. (Russ). EDN: XBQEDR

8. Lurye PM, Panov VD, Tkachenko YuYu. The Kuban River: hydrography and flow regime. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2005:498. (Russ). EDN: QKFYSV

9. Onischenko VV, Khalamliev MI. Mass drying of eastern spruce in Teberdinsky National Park. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2023;17(2):74-83. (Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-74-83. EDN: RVAJXE

10. Dega NS, Onischenko VV, Petropavlovskiy BS. Air medium technogenic transformation affect on the coniferous forests of Karachai-Chekessia. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2018;10(1(35):69-76. (Russ). DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-1-69-76. EDN: XOSITZ

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Башкаев Алан Маджитович, соискатель, делопроизводитель кафедры экологии и природопользования, Карачаево-Черкесский государственный университет им. У. Д. Алиева, Карачаевск, Россия, alan1997bashkaev@mail.ru, https://orcid.org/0009-0004-9271-0102

Онищенко Вячеслав Валентинович, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования, Карачаево-Черкесский государственный университет им. У. Д. Алиева, Карачаевск, Россия, ovv333@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-0810-9698

Чомаева Мадина Назировна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, заместитель декана по научно

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Alan M. Bashkaev, Ph.D. student, Clerk, Department of Ecology and Nature Management, Umar Aliev Karachay-Cherkess State University, Russia, alan1997bashkaev@mail.ru, https://orcid.org/0009-0004-9271-0102

Vyacheslav V. Onishchenko, Doctor of Science (Geography), Professor, Head of the Department of Ecology and Nature Management, Umar Aliev Karachay-Cherkess State University, Karachayevsk, Russia, ovv333@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-0810-9698

Madina N. Chomaeva, Ph.D. (Pedagogy), Associate Professor, Department of Ecology and Nature Management, Deputy Dean for Research Work, Faculty of Natural Sciences and Geography, Umar Aliev Karachay-Cherkess State University,

исследовательской работе естественно-географического факультета, Карачаево-Черкесский государственный университет им. У. Д. Алиева, Карачаевск, Россия, m.tchomaeva@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-8314-8964

Russia, m.tchomaeva@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-8314-8964

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 30.06.2025
Одобрена после рецензирования 24.09.2025
Принята к публикации 08.10.2025

The article was submitted 30.06.2025
Approved after reviewing 24.09.2025
Accepted for publication 08.10.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 504.03
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-51-60
EDN: QPTFJJ

Урбанизация и геоэкологические проблемы: история и современность (на примере Чеченской Республики)

©2025**Даукаев А.А.**✉[1], **Дадашев Р. Х.**[1, 2], **Гацаева Л.С.**[1], **Гакаев Р.А.**[2]
[1]Комплексный научно-исследовательский институт
им. Х. И. Ибрагимова Российской академии наук
Грозный, Россия, daykaev@mail.ru✉, gls69@yandex.ru, raykom50@mail.ru
[2]Чеченский государственный университет им. А. А. Кадырова
Грозный, Россия, rustam.geofak@yandex.ru

РЕЗЮМЕ. Цель работы – дать ретроспективный анализ влияния процесса урбанизации на экологическую ситуацию в Чеченской Республике. **Методами** исследования послужили статистическое данные демографических и экономических показателей, исторический анализ документов и картографических материалов. **Результаты.** В ходе работ систематизирован материал, позволяющий создать базу данных динамики численности населения городских территорий. **Выводы.** Для минимизации негативных последствий экологических процессов и достижения равномерного расселения жителей по территории Чеченской Республики необходимо: планировать и осуществить охват урбанизацией горной части и Затеречной равнины; предусмотреть развитие Грозного преимущественно в северном направлении в сторону Терского хребта: заложить национальный лесопарк с охватом южного склона Терского хребта. Показано, что урбанизационные процессы, имея множество позитивных сторон, направленных на повышение уровня жизни населения, сопровождаются серьёзными экологическими проблемами: замена природных систем искусственными, загрязнение окружающей среды, существенное изменение компонентов природной среды и т. д.

Ключевые слова: урбанизация, рост городов, Грозный, экологические проблемы урбанизации, анализ негативных последствий урбанизации.

Формат цитирования: Даукаев А. А., Дадашев Р. Х., Гацаева Л. С., Гакаев Р. А. Урбанизация и геоэкологические проблемы: история и современность (на примере Чеченской Республики) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 3. С. 51-60. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-51-60. EDN: QPTFJJ

Urbanization and Geoecological Issues: History and Modernity (Using the Example of the Chechen Republic)

©2025Arun A. Daukaev✉1, Raikom Kh. Dadashev1, 2,
Liana S. Gatsaeva1, Rustam A. Gakaev2
1Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences
Grozny, Russia, daykaev@mail.ru✉, gls69@yandex.ru, raykom50@mail.ru
2Kadyrov Chechen State University
Grozny, Russia, rustam.geofak@yandex.ru

ABSTRACT. The **aim** of the research is to provide a retrospective analysis of the urbanization impact on the environmental situation in the Chechen Republic. The research **methods** used were statistical data on demographic and economic indicators, historical analysis of documents and cartographic materials. **Results.** This research systematized the material, allowing for the creation of a database of urban population dynamics. **Conclusions.** To minimize the negative impacts of environmental processes and achieve residents' even distribution across the Chechen Republic, it is necessary to plan and implement urbanization in the mountainous region and the Trans-Terek Plain; to envisage the development of Grozny primarily in a northerly direction toward the Terek Range; to establish a national forest park encompassing the southern slope of the Terek Range. It has been shown that urbanization processes, while having many positive aspects aimed at improving the population's standard of living, are accompanied by serious environmental problems: the replacement of natural systems with artificial ones, environmental pollution, significant changes to natural environment components, etc.

Keywords: urbanization, urban growth, Grozny, environmental problems of urbanization, analysis of the negative impacts of urbanization.

For citation: Daukaev AA, Dadashev RKh, Gatsaeva LS, Gakaev RA. Urbanization and Geoecological Issues: History and Modernity (Using the Example of the Chechen Republic). *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(3):51-60. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-51-60. EDN: QPTFJJ

Введение

Понятие «урбанизация» в научной литературе используется как в узком, так и в широком смысле. В первом случае под урбанизацией подразумевается рост городов и городского населения за счёт непрерывного переселения сельских жителей в города, а во втором – это исторический процесс, направленный на повышение доли, а, следовательно, и роли городов и городского образа жизни в развитии общества. На современном этапе развития человеческого общества под урбанизацией понимается процесс укрупнения существующих и появление более крупных городов и их объединений в виде агломераций и мегаполисов [1]. Общеизвестно, что объективный процесс урбанизации является показателем интенсивности развития общества и сопровождается целым рядом негативных последствий, в числе которых особое место занимают экологические проблемы, связанные с трансформацией ландшафтов, ухудшением качества земельных, лесных, водных и других ресурсов, со скоплением значительных производственных отходов. То есть урбанизация, как правило, сопровождается возникновением целого ряда экологических проблем, прогнозирование и своевременное решение которых может свести к минимуму их негативные последствия.

Материалы и методы исследования

Изучение урбанизационных процессов предполагает использование комплекса исследовательских методов, позволяющих всесторонне проанализировать происходящие изменения и разработать стратегии эффективного управления развитием городских территорий. В работе использованы основные методы, применяемые в исследованиях урбанизации: картографический метод, способствующий выявлению территориальных различий и идентификации ключевых территорий, подверженных наиболее интенсивным изменениям; метод факторного анализа, направленный на выявление внутренних и внешних условий, влияющих на урбанизационный процесс; статистический анализ, основанный на сборе и обработке больших объемов данных, полученных из официальных источников, опросов

и обследований; анализ демографической структуры; модель расселения.

Урбанизационный процесс – это объективный процесс, направленный на повышение уровня жизни людей и улучшение условий их проживания. Вместе с тем этот процесс приводит к замене природных ландшафтов искусственными, загрязнению окружающей среды, существенному изменению компонентов природной среды – воздуха, растительности, почв, рельефа, гидрографической сети, подземных вод, грунтов и даже климата [2; 3]. Негативные последствия процесса урбанизации можно минимизировать, если глубоко, всесторонне и комплексно изучить механизм воздействия всех негативных факторов и с учётом климатических особенностей местности разработать научно обоснованные рекомендации по строительству и развитию города. Что касается Северного Кавказа, то процесс урбанизации здесь идёт относительно медленно. Если по России наблюдается активный переезд населения из малых городов в более крупные, то на Северном Кавказе продолжается миграция населения из сельской местности в города. При этом перемещение населения в большей степени характерен для горных сел, в основном из-за отсутствия рабочих мест (Дагестан, Северная Осетия и другие регионы). То есть происходит постепенное уменьшение численности населения горных районов, тогда как на равнинных территориях, где села находятся вблизи городов, оно увеличивается, что сопровождается постепенным отторжением значительных площадей плодородных земель из сельскохозяйственного оборота. Особенно этот процесс характерен для Чеченской равнины. Поэтому неудивительно, что в последние годы многим селам дали статус городов (Урус-Мартан, Ачхой-Мартан, Шали, Курчалой, Ойсхар, Серноводск, Наур) и начато интенсивное строительство высотных домов. Безусловно, такие резкие перемены требуют всесторонней оценки возможных последствий экологического характера.

Краткие сведения об истории и современных тенденциях урбанизации в мире. Процесс урбанизации имеет глубокие исторические корни. Как известно, города начали появляться даже раньше возникновения государственных образований. В истории урбанизации обычно выделяют несколько стадий, различающихся по длительности, размерам городских поселений, их структурными и другими особенностями. Долгое время, начиная за несколько тысячелетий до н. э. и вплоть до XIX в. н. э., уровень негативного влияния промышленной составляющей городов на окружающую среду в основном не выходила за пределы ее самоочищающейся способности. Незначительные экологические проблемы древних городов были связаны преимущественно с загрязнением отходами продуктов жизнедеятельности людей и домашнего скота, источников водоснабжения и со вспышками инфекционных заболеваний [4]. Примерно с конца XVIII в., с началом промышленных революций и по мере ускорения процессов урбанизации, начинает усиливаться антропогенное воздействие на природную среду. Ярким примером, отражающим влияние промышленной революции на урбанизационные процессы, является Великобритания, где к началу XIX в. примерно пятая часть населения проживала в городах. К концу столетия 3/4 населения страны уже стало городским, т. е. за короткое время сельское население мигрировало в города.

В XX в. наблюдается заметное увеличение интенсивности процесса урбанизации, что привело к превращению всех промышленно развитых государств мира в высокоурбанизированные страны. Высокие темпы развития промышленности, потребление относительно дешёвых видов энергии (нефть, газ), увеличение народонаселения, появление разных типов транспортных средств, развитие системы коммунальных услуг, научный и технологический прогрессы обусловили ускорение темпов урбанизации [5-7]. Со второй половины XX в. одновременно с высокими темпами роста населения мира отмечалось значительное увеличение доли городского населения. На рубеже XX и XXI вв., когда население мира составило более 6 млрд чел., доля городского населения приблизилась к 50 % [8; 9]. С этого времени во всем мире существенно усугубились и экологические проблемы [10], то есть данный период характеризуется глобализацией этих проблем. Становится очевидным необходимость в объединении сил и средств для решения общемировых экологических проблем.

Интенсивный рост урбанизации на современном этапе развития человеческого общества связан с дальнейшим расширением энергопотребления, развитием новых видов транспортных средств, высоким

уровнем интеллектуального общения, комфорта и т. д. Увеличение плотности населения обуславливает ухудшение качества человеческого потенциала, может способствовать изменению климатических условий. В крупных городах снижается качество атмосферы, количество солнечной энергии, увеличивается количество осадков, учащаются туманы и т. д. Людской поток, заводы, промышленные установки, автотранспорт являются источниками тепловой энергии. Асфальт и другие дорожные покрытия интенсивно поглощают тепло днём и выделяют её в ночное время, высокие здания препятствуют естественной циркуляции воздуха, т. е. проникновению ветрового потока в пространство между зданиями и сооружениями [10; 11]. Этими факторами обусловлено то, что в городах, как правило, температура воздуха бывает выше среднего.

Примером высокоэкологичного города мира является Роли (столица штата Северная Каролина), сведения о котором приведены в работе Подольского А. А. [11]. В этой работе перечисляется целый ряд аспектов экологичности данного города. В частности, к ним относятся: максимально возможное сохранение элементов природных ландшафтов в городской черте; обеспечение чистоты окружающей среды за счет разумной пространственной разобщенности спальных районов и промышленных зон; широкое использование продвинутых технологий на современных очистных сооружениях промышленных предприятий; наличие в городе систем утилизации бытовых и промышленных отходов; поощрение со стороны властей использование населением экологичных альтернативных источников энергии; высокая озеленённость городской территории (в городе имеется 57 км^2 природных парков, составляющих 20 % всей территории города, природный заповедник «Лес Амстед», 143 км экологических троп, 13 озер и т. д.); наличие высокоразвитой системы экологического образования, охватывающей широкие слои населения всех возрастов; экологически целесообразная застройка города (градостроительство) и организация городского транспортного потока.

Урбанизационные процессы в России и рост экологических проблем. В конце XIX и начале XX в. уровень урбанизированности Европейской части России составлял 45-65 %, тогда как на Северном Кавказе данный показатель не превышал 14 %. В последующие десятилетия показатели постепенно поднимались [12]. В работе [13] выделяются два периода урбанизации в России: советский и постсоветский. Характерной чертой советского периода урбанизации считается форсированность, связанная с интенсивной индустриализацией страны. И именно этот период характеризуется появлением комплекса экологических проблем. Главным направлением урбанизации в постсоветский период является формирование многофункциональных мегаполисов и агломераций. Некоторые исследователи, изучающие современные проблемы урбанизации, акцентируют внимание на концепцию устойчивого развития городов, суть которой заключается в «обеспечении необходимых потребностей ныне живущих людей и последующих поколений в условиях сбалансированного взаимодействия общества с окружающей средой» [14]. В настоящее время в целом по России доля урбанизации составляет более 50 %, а в отдельных субъектах – более 80 % [15].

Урбанизационные процессы на территории Чеченской Республики. Урбанизация на территории Чеченской Республики началась с момента, когда крепость «Грозная» в 1869 г. получила статус города. Вплоть до начала промышленной добычи нефти в 1893 г. Грозный был тихим окружным городом с населением не более 15 тыс. чел. С начала XX в. здесь начинается интенсивная добыча нефти, которая в 1918 г. достигла 1,5 млн т. В этот период в городе появились первые многоэтажные здания – здание Городского Пушкинского училища, гостиница «Франция», Дом Абубакара, механический завод по изготовлению и ремонту буровых скважин и др. Именно с нефтяной промышленностью связано интенсивное развитие г. Грозного вплоть до начала 1990 г. [16].

В этот период в Чеченской Республике появились еще два города – Гудермес и Аргун. Первый стал городом в 1941 г. путем объединения поселков Калинина, Кундухова и села Гудермес. В 1967 г. рабочий поселок Аргун получил статус города в составе Шалинского района ЧИАССР. В 1990 г. городами стали наиболее крупные по численности населения селения Шали и Урус-Мартан (рис.).

Новый период урбанизации начался с 2000-х гг., когда статус города получили еще несколько населенных пунктов – Курчалой, Ачхой-Мартан, Ойсхара, Серноводская, Наурская, Шелковская. Таким образом, в настоящее время на территории Чеченской Республики имеется 11 населенных пунктов со статусом города с общей численностью населения 752, 99 тыс. чел. (табл.). При этом численность всего населения Чеченской Республики – 1533209 чел. Уровень урбанизации – 44 % (по материалам Федеральной службы государственной статистики по Чеченской Республике) [17].

Все города (кроме гг. Шелковская и Наурская) и наиболее крупные населённые пункты компактно расположены в центральной равнинно-предгорной части территории Чеченской Республики, для которой характерны высокая плотность и интенсивные темпы роста населения. К настоящему времени в этой части, которая занимает только четвертую долю территории Чеченской Республики, сосредоточено около 80 % населения республики. В геоморфологическом плане эта зона представлена равниной, осложнённой двумя невысокими хребтами (Терским и Сунженским), которые остаются, за исключением некоторых склоновых участков, практически незаселёнными. Города и наиболее крупные сельские поселения сосредоточены в межхребтовых и предгорных равнинах с абсолютными отметками н. у. м. до 300 м. С каждым годом пахотных сельскохозяйственных земель и пастбищных угодий между населенными пунктами остаются все меньше и меньше. Многие села и города практически соединились. Эта ситуация требует безотлагательных и неординарных решений. Одним из основных мер, направленных на решение этих проблем, является строительство в сёлах многоэтажных домов, создание рабочих мест и современных условий проживания в горной части Чеченской Республики.

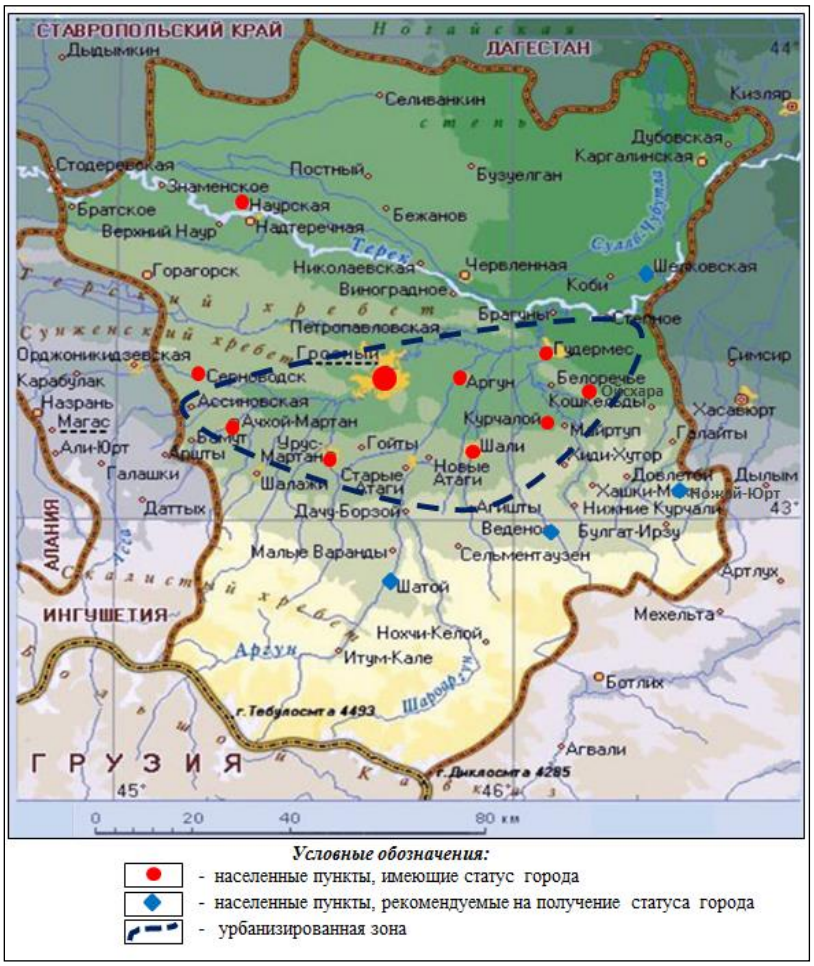


***Рис.* Физико-географическая карта Чеченской Республики**
Fig. Physical-geographical map of the Chechen Republic

Таблица. **Краткие сведения о городах Чеченской республики (по материалам Федеральной службы государственной статистики по Чеченской Республике)**
Table. Brief information about the cities of the Chechen Republic
(based on materials from the Federal State Statistics Service of the Chechen Republic)

№	**Название** Name	**Год получения статуса города** Year of city status	**Численность населения (чел.)** Population (people)	**Площадь (км²)** Area (km²)
1.	Грозный	1869	399 286	324,16
2.	Гудермес	1941	66 352	33, 89
3.	Аргун	1967	43 456	28,11
4.	Урус-Мартан	1990	65 698	25, 10
5.	Шали	1990	57 060	34,04
6.	Курчалой	2019	24 802	38,15
7.	Ачхой-Мартан	2023	31 286	74,59
8.	Наурская / Невре	2024	11 165	39,25
9.	Ойсхара	2024	19 992	30, 0
10.	Серноводское	2024	12 503	109,58
11.	Шелковская / Терек	2024	21 391	8,3
	Итого:		**752 991**	**745,17**

Особого внимания заслуживают экологические проблемы, обусловленные интенсивным расширением и развитием г. Грозного. При этом следует исходить из того факта, что г. Грозный вместе со всеми нефтеперерабатывающими заводами располагался преимущественно в малопроветриваемой впадине. По этой причине экологические проблемы, обусловленные нефтепереработкой, многократно возросли. В настоящее время, анализируя и руководствуясь результатами ретроспективного анализа развития промышленности и всех сфер деятельности человека в г. Грозном, можно заключить, что крайне важно и целесообразно предусмотреть развитие города преимущественно в северном и северо-западном направлении в сторону южного склона Терского хребта. При этом, учитывая указанные выше неблагоприятные факторы, жизненно важно и актуально продолжить закладку новых парков и скверов. Особого внимания при этом заслуживает предложение Академии наук Чеченской Республики о необходимости закладки национального парка с охватом южного склона Терского хребта. По замыслу авторов – это проект, рассчитанный на длительный период. При этом территория лесопарка увеличивалась бы ежегодно. На первом этапе следовало бы запланировать создание лесопарка в северной части города с охватом южного склона Терского хребта (типа парка в г. Кисловодске с площадью 965,8 га). Этот проект имел бы эпохальное значение, так как через 50-100 лет парк мог бы стать «лёгкими» для непрерывно расширяющего города, население которого интенсивно увеличивается. В этих условиях приоритетное значение имеет также охват поселениями, парковыми и рекреационными зонами (районы выхода термоминеральных вод) склонов Передовых хребтов, в настоящее время малозадействованных в производственной, сельскохозяйственной и других сферах деятельности.

Экологические проблемы возникли с увеличением промышленной добычи нефти на территории Чеченской Республики. Особенно остро они стали проявляться с 1930-х гг., когда годовую добычу необоснованно подняли до 8 млн т (1931 г.). При этом около половины объёма добываемой нефти приходилась на два месторождения (Октябрьское и Старогрозненское), расположенных в пределах территории Грозного. Из-за нехватки емкостей нефть хранилась в глиняных амбарах и, естественно, ее значительная часть пропитывалась в грунт, загрязняя почвы и подземные воды. Здесь же были построены три крупных нефтеперерабатывающих завода, что способствовало существенному ухудшению экологической ситуации, и привело к формированию в районе г. Грозного так называемых «техногенных залежей УВ» [18; 19]. В настоящее время геоэкологические проблемы г. Грозного, связанные с функционированием нефтегазового производства, приведены к минимуму. Это связано со значительно меньшими объемами добычи нефти

в сравнении с прошлыми периодами, отсутствием нефтеперерабатывающих предприятий и т. д.

Город Грозный по праву может считаться центром развивающейся Грозненской городской агломерации, для которой характерны следующие признаки: скопление городов и других населенных пунктов на компактной территории; наличие одного и более центров, вокруг которых формируется агломерация; непосредственное примыкание густонаселенных территорий к основному городу (г. Грозный) без существенных разрывов в застройке; площадь застроенных территорий превышает площадь сельскохозяйственных угодий, лесов; наличие интенсивных связей разного характера внутри агломерации; массовые маятниковые миграции, куда вовлечено не менее 10-15 % от числа трудоспособного населения; формирование на всей территории агломерации общего рынка труда, капитала, товаров и услуг и др.

Проблемам формирования Грозненской агломерации посвящена статья П. М. Крылова, в которой акцентируется внимание на транспортно-географические и планировочные аспекты [20]. Автор излагает свое видение развития Грозного в системе Грозненской агломерации, включающей практически все существующие города и наиболее крупные населённые пункты. Отмечается чрезмерная концентрация и централизация производительных сил в г. Грозном и соответствие урбанизации ограниченной территории в центральной части территории Чеченской Республики вокруг городов Грозный, Аргун, Гудермес. В перспективном плане развития Грозного предусматривается увеличение территории с 30,1 на 36,9 га в основном в восточном направлении.

Как отмечено выше, развитие г. Грозного, который исторически расположился преимущественно в малопроветриваемой впадине, следовало бы предусмотреть в северном направлении в сторону Терского хребта. Основной принцип организации системы земельных насаждений города и реабилитация природной среды сводится к формированию природно-экологического каркаса на базе рр. Сунжа, Гойта и Нефтянка с включением в эту систему природных комплексов северо-востока и юго-запада. Экологический каркас включает в себя как природные, так и природно-антропогенные территории. Основными экосистемными услугами последнего являются: создание условий для отдыха горожан; очищение воздуха от пыли и регулирование дождевого стока; поглощение углекислого газа и выделение кислорода; поддержание биоразнообразия городской среды и т. д. Площадь зеленых насаждений общего пользования составит в перспективе около 700 га. В рамках реализации федерального проекта «Формирование комфортной городской среды» на берегу Грозненского моря (Чернореченское водохранилище) создан новый парк, где имеется тротуарная дорожка, скамейки, смотровая площадка, парковка и др. В 2025 г. в соответствии с национальным проектом «Жилье и городская среда» здесь же планируется создание обновленной зоны отдыха на площади более 11 га. [21].

В целом, уровень урбанизованности территории Чеченской Республики, как и в других регионах России, будет расти по мере увеличения численности населения. При этом с целью минимизации негативных последствий и достижения равномерного расселения жителей по территории республики необходимо планировать охват урбанизацией горной части и Затеречной равнины. Первоочередными населенными пунктами для получения статуса города могли бы стать районные центры Ножай-Юрт, Ведено, а в перспективе Шатой, Итум-Кале и др. как центры притяжения населения. На территории Чеченской Республики к настоящему времени нет ни одного города в горной части на отметках высот более 500 м., тогда как во всех других субъектах Северного Кавказа имеются по несколько городских поселений на высотных отметках от 500 (Буйнакск, Черкесск и др.) до 1420 м. (Тырныауз, Теберда и др.) н. у. м. Рекомендуемые первоочередные населенные пункты для получения статуса города Ножай-Юрт и Ведено располагаются в низкогорной части территории Чеченской Республики на абсолютных высотных отметках 510 и 722 м соответственно. Они являются центрами одноименных административных районов республики. В Ножай-Юрте находятся несколько промышленных предприятий по производству и распределению электроэнергии, газа и воды, а также кирпичный завод и ряд предприятий пищевой промышленности. В Ведено также имеются предприятия пищевой промышленности, паркетный цех,

дорожно-эксплуатационное предприятие и др. Урбанизационные процессы в горной части откроют новые возможности привлечения инвестиций, развития малого и среднего бизнеса, способствуют увеличению рабочих мест, и в целом стимулируют социально-экономическое развитие горной зоны Чеченской Республики.

Заключение

Таким образом, в работе показано, что глобализация экологических процессов в XX в., наряду с высокими темпами развития промышленности, транспортных средств, интенсивным использованием дешевых энергоресурсов, связана с ростом народонаселения с постепенным увеличением доли городского населения; выявлено, что для Северного Кавказа, в том числе и Чеченской Республики, характерны замедленные темпы урбанизации по сравнению с другими регионами мира и России; показано, что с целью минимизации негативных последствий и достижения равномерного расселения жителей по территории республики необходимо планировать охват урбанизацией горной части и Затеречной равнины и что следовало бы предусмотреть развитие Грозного преимущественно в северном направлении в сторону Терского хребта с закладкой новых парков, скверов и зеленых зон. Это обусловлено тем, что г. Грозный располагается преимущественно в малопроветриваемой впадине; выявлено, что на данном этапе следовало бы запланировать создание национального парка в северной части города с охватом южного склона Терского хребта. Этот проект имел бы эпохальное значение, так как через 50-100 лет он мог бы стать «лёгкими» для непрерывно расширяющего города, население которого интенсивно увеличивается. Также предложена мера, направленная на решение проблем малоземелья, строительством многоэтажных домов, создание рабочих мест и современных условий проживания в горной части Чеченской Республики.

Список источников

1. Галич З. Н. Урбанизация и мегаполизация как глобальный процесс // Экономические и социальные проблемы России. 2000. № 1. С. 7-21. EDN: BDRKGR

2. Медведев А. Н., Медведева М. А. Процессы загрязнения в окружающей среде и их изучение: учебное электронное текстовое издание. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2009. 85 с.

3. Пивоваров Ю. Л. Современная урбанизация: основные тенденции расселения М.: Статистика, 1976. 191 с.

4. Процесс урбанизации – определение, особенности, преимущества и недостатки. URL: https://natworld.info/nauki-o-prirode/process-urbanizacii-opredelenie-osobennosti-preimushhestva-i-nedostatki (дата обращения: 16.06.2025).

5. Bosker M, Brakman S, Garretsen H, Schramm M. Looking for multiple equilibria when geography matters: German city growth and the WWII shock. *Journal of Urban Economics.* 2007;61(1):152-169.

6. Brakman S, Garretsen H, Schramm M. The strategic bombing of German cities during World War II and its impact on city growth. *Journal of Economic Geography.* 2004;4(2):201-208.

7. Davis DR, Weinstein DE. A search for multiple equilibria in urban industrial structure. *Journal of Regional Science.* 200;8(1):29-65.

8. Хуснутдинова С. Р., Дембич А. А., Закирова Ю. А. Социально-экологические факторы формирования комфортной среды урбанизированных территорий. Географический вестник. 2016.

References

1. Galich ZN. Urbanization and megapolisation as a global process. *Economic and Social Problems of Russia*. 2000(1):7-21. (In Russ). EDN: BDRKGR

2. Medvedev AN, Medvedeva MA. Pollution processes in the environment and their study: A textbook electronic text edition. Yekaterinburg: USTU-UPI, 2009:85. (In Russ)

3. Pivovarov YuL. Modern urbanization: Main settlement trends. Moscow: Statistika, 1976:191. (In Russ)

4. The Urbanization Process – Definition, Features, Advantages, and Disadvantages. URL: https://natworld.info/nauki-o-prirode/process-urbanizacii-opredelenie-osobennosti-preimushhestva-i-nedostatki (accessed 16.06.2025). (In Russ)

5. Bosker M, Brakman S, Garretsen H, Schramm M. Looking for multiple equilibria when geography matters: German city growth and the WWII shock. *Journal of Urban Economics.* 2007;61(1):152-169.

6. Brakman S, Garretsen H, Schramm M. The strategic bombing of German cities during World War II and its impact on city growth. *Journal of Economic Geography.* 2004;4(2):201-208.

7. Davis DR, Weinstein DE. A search for multiple equilibria in urban industrial structure. *Journal of Regional Science.* 200;8(1):29-65.

8. Khusnutdinova SR, Dembich AA, Zakirova YuA. Socio-ecological factors of the comfortable environment formation in urban areas. *Geographical Bulletin.* 2016(4(39):28-35. (In Russ). DOI: 10.17072/2079-7877-2016-4-28-35. EDN: XUXLMP

№ 4(39). С. 28-35. DOI: 10.17072/2079-7877-2016-4-28-35. EDN: XUXLMP

9. Лаппо Г. М., Полян П. М. Результаты урбанизации в России к концу XX века // Мир России. Социология. Этнология. 2009. Т. 8. № 4. С. 35-46. EDN: WDSXQU

10. Белкина Т. Д., Минченко М. М., Ноздрина Н. Н., Протокалистова Л. В., Щербакова Е. М. Мониторинг состояния и проблемы развития городов России в годы реформ // Проблемы прогнозирования. 2011. № 2(125). С. 83-102. EDN: ODDMOD

11. Подольский А. Л. Аспекты экологичности большого города в контексте международного опыта // Материалы I Кавказского международного экологического форума (Грозный, 15-16 октября 2013 г.). Грозный: ЧГУ, 2013. С. 266-270.

12. Бондаренко Е. В. Урбанизация на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье (1897-2002 годы) // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2009. № 111. С. 71-75. EDN: KUIDWV

13. Майснер Т. Н. Урбанизация и экология городской среды: риски и перспективы устойчивого развития // Гуманитарий Юга России. 2020. Т. 9. № 3. С. 190-201. DOI: 10.18522/2227-8656.2020.3.14. EDN: ZJJJZF

14. Карпова Н. В. Устойчивое эколого-экономическое развитие города: теория, практика и перспектива // Экономика и экология территориальных образований. 2018. Т. 2. № 4. С. 66-73. DOI: 10.23947/2413-1474-2018-2-4-66-73. EDN: YNGNWX

15. Плотникова Л. В. Экологическое управление качеством городской среды на высокоурбанизированных территориях: дисс. ... д-ра экон. наук. М., 2009. 376 с.

16. Нефедова Т. Г., Трейвиш А. И. Города и сельская местность: состояние и соотношение в пространстве России // Региональные исследования. 2010. № 2(28). С. 42-57. EDN: NEFPBB

17. Федеральная служба государственной статистики по Чеченской Республике. URL: https://95.rosstat.gov.ru/folder/40684 (дата обращения: 16.09.2025).

18. Гайрабеков У. Т., Дадашев Р. Х., Усманов А. Х. Геоэкологическая оценка воздействия техногенных залежей нефтепродуктов на геологическую среду г. Грозного // Естественные и технические науки. 2009. № 2(40). С. 245-249. EDN: MBCZQN

19. Даукаев А. А., Кусаев А. Д. Исторические параллели в развитии нефтегазового производства и города Грозный (к 80-летию образования Чеченского государственного университета и 200-летию основания г. Грозный). Грозный: Чеченский государственный университет, 2019. 156 с. EDN: HJIDLP

9. Lappo GM, Polyan PM. Results of urbanization in Russia by the end of the 20th century. *Universe of Russia. Sociology. Ethnology.* 2009;8(4):35-46. (In Russ). EDN: WDSXQU

10. Belkina TD, Minchenko MM, Nozdrina NN, Protokalistova LV, et al. Monitoring of the state and development problems of cities in Russia in the years of reforms. *Studies on Russian Economic Development*. 2011(2(125):83-102. (In Russ). EDN: ODDMOD

11. Podolsky AL. Aspects of environmental friendliness of a large city in the context of international experience. *Proceedings of the 1st Caucasus International Environmental Forum (Grozny, October 15-16, 2013).* Grozny: ChSU, 2013:266-270. (In Russ)

12. Bondarenko EV. Urbanisation in the Northern Caucasus and the Lower Volga Region (1897-2002). *Izvestia: Herzen University Journal of Humanities & Sciences*. 2009(111):71-75. (In Russ). EDN: KUIDWV

13. Meisner TN. Urbanization and the ecology of the urban environment: risks and prospects for sustainable development. *Humanities of the South of Russia.* 2020;9(3):190-201. (In Russ). DOI: 10.18522/2227-8656.2020.3.14. EDN: ZJJJZF

14. Karpova NV. Sustainable ecological and economic development of the city: the theory, practice and perspectives. *Economy and Ecology of Territorial Formations.* 2018;2(4):66-73. (In Russ). DOI: 10.23947/2413-1474-2018-2-4-66-73. EDN: YNGNWX

15. Plotnikova LV. Environmental management of the quality of the urban environment in highly urbanized territories: Dr. Sci. thesis (Economy). Moscow, 2009:376. (In Russ)

16. Nefedova TG, Treyvish AI. Cities and rural areas: state and relationship in the space of Russia. *Regional'nye Issledovaniya*. 2010(2(28):42-57. (In Russ). EDN: NEFPBB

17. Federal State Statistics Service of the Chechen Republic. URL: https://95.rosstat.gov.ru/folder/40684 (accessed 16.09.2025). (In Russ).

18. Gayrabekov UT, Dadashev RKh, Usmanov AKh. Geoecological assessment of the impact of man-made oil product deposits on the geological environment of Grozny. *Natural and Technical Sciences.* 2009(2(40):245-249. (In Russ). EDN: MBCZQN

19. Daukaev AA, Kusaev AD. Historical parallels in the development of oil and gas production and Grozny city (on the 80th anniversary of Chechen State University and the 200th anniversary of Grozny founding). Grozny: Chechen State University, 2019:156. (In Russ). EDN: HJIDLP

20. Krylov PM. On the problem of strategic spatial development: the case of Grozny and the Grozny

20. Крылов П. М. О проблеме стратегического пространственного развития: на примере города Грозный и Грозненской агломерации // Вестник Международной академии наук (Русская секция). 2018. № 1. С. 52-55. EDN: XRZDNZ

21. Кадиев Д. А. Грозный: перспективы развития столицы. Т. 2. М., 2026. 400 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Даукаев Арун Абалханович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий отделом топливно-энергетического комплекса и рационального природопользования, Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова Российской академии наук, Грозный, Россия, daykaev@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-8665-0319

Дадашев Райком Хасимханович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей физики, Чеченский государственный университет им. А. А. Кадырова; главный научный сотрудник отдела физико-математических исследований, Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова Российской академии наук, Грозный, Россия, raykom50@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-4288-8648

Гацаева Лиана Саидовна, кандидат географических наук, научный сотрудник отдела топливно-энергетического комплекса и рационального природопользования, Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова Российской академии наук, Грозный, Россия, gls69@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-5142-4255

Гакаев Рустам Анурбекович, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, Чеченский государственный университет им. А. А. Кадырова, Грозный, Россия, rustam.geofak@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-2157-5474

Критерии авторства

Даукаев А. А. – автор идеи статьи, анализ архивных и литературных данных; Дадашев Р. Х. – методология, постановка целей и основных задач; Гацаева Л. С. – анализ источников литературы; Гакаев Р. А. – перевод текста, заключение и выводы по работе.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 31.10.2025
Одобрена после рецензирования 15.11.2025
Принята к публикации 20.11.2025

agglomeration. *Herald of the International Academy of Science, Russian Section*. 2018(1):52-55. (In Russ). EDN: XRZDNZ

21. Kadiev DA. Grozny: Prospects for the development of the capital. Vol. 2. Moscow, 2026:400. (In Russ)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Arun A. Daukaev, Doctor of Science (Geological and Mineralogy), Head of the Department of Fuel and Energy Complex and Rational Nature Management, Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia, daykaev@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-8665-0319

Raykom Kh. Dadashev, Doctor of Science (Physics and Mathematics), Professor, Department of General Physics, Kadyrov Chechen State University: Chief Researcher, Department of Physical and Mathematical Research, Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia, raykom50@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-4288-8648

Liana S. Gatsaeva, Ph.D. (Geography), Researcher, Department of Fuel and Energy Complex and Rational Nature Management, Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia, gls69@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-5142-4255

Rustam A. Gakayev, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Geography, Kadyrov Chechen State University, Grozny, Russia, rustam.geofak@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-2157-5474

Contribution of the authors

Daukaev A. A. – author of the paper idea, analysis of archival and literary data; Dadashev R. Kh. – methodology, setting aims and main objectives; Gatsaeva L. S. – analysis of literary sources; Gakaev R. A. – translation of the text, conclusions and findings of the work.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 31.10.2025
Approved after reviewing 15.11.2025
Accepted for publication 20.11.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 911.2:599.4
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-61-71
EDN: UFNPVB

Биогеографическая значимость и литогенная обусловленность подземных убежищ рукокрылых в предгорной зоне Дагестана

© 2025**Жигалин А. В.**[1, 3], **Муташев Б. А.**[2], **Гаджиев А. А.**[✉3]
[1]Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томск, Россия, alex-zhigalin@mail.ru
[2]Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины
Новосибирск, Россия, mutashev2001@bk.ru
[3]Дагестанский государственный университет
Махачкала, Россия, ali-eco@mail.ru[✉]

РЕЗЮМЕ. Цель исследования – провести эколого-биогеографический анализ сети подземных местообитаний рукокрылых в предгорной зоне Дагестана, уделяя особое внимание роли неустойчивых глинистых пещер как специфических элементов ландшафта. **Методы** включали визуальное обследование склонов в окрестностях с. Карабудахкент для выявления новых убежищ, картирование и метрическое описание полостей, регулярные учеты рукокрылых с визуальной идентификацией видов, а также годовой мониторинг микроклимата с помощью автоматического регистратора температуры. **Результаты**. Выявлены и описаны три ранее неизвестные глинистые пещеры, в которых зарегистрировано 6 видов рукокрылых, пять из которых являются краснокнижными. Крупнейшая пещера круглогодично используется большим подковоносом (*Rhinolophus ferrumequinum*) и остроухой ночницей (*Myotis blythii*) для формирования выводковых и зимовочных колоний. Показана высокая геологическая нестабильность данных биотопов, приведшая к частичному или полному разрушению двух пещер и сокращению видового разнообразия. **Выводы.** Обнаруженные глинистые пещеры, несмотря на свою нестабильность и временный характер, являются важными элементами ландшафтно-биогеографической структуры предгорного Дагестана, формируя локальную сеть ключевых стаций для редких видов рукокрылых. Для сохранения регионального биоразнообразия необходима срочная инвентаризация подобных местообитаний, придание им охранного статуса и разработка мер по стабилизации наиболее ценных полостей.

Ключевые слова: рукокрылые, подземные местообитания, глинистые пещеры, биогеография, геологический субстрат, ландшафтная экология, предгорный Дагестан, охрана биоразнообразия, микроклимат, краснокнижные виды.

Благодарность

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 25-14-20072 «Генетическое разнообразие РНК-вирусов, потенциально опасных для человека и сельскохозяйственных животных в популяциях мелких млекопитающих, рукокрылых и птиц на территории Республики Дагестан».

Формат цитирования: Жигалин А. В., Муташев Б. А., Гаджиев А. А. Биогеографическая значимость и литогенная обусловленность подземных убежищ рукокрылых в предгорной зоне Дагестана // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 3. С. 61-71. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-61-71. EDN: UFNPVB

Biogeographic Significance and Lithogenic Conditioning of Underground Bat Shelters in the Foothill Zone of Dagestan

© 2025Alexander V. Zhigalin[1, 3], Batyr A. Mutashev[2], Alimurad A. Gadzhiev[✉3]
[1]National Research Tomsk State University
Tomsk, Russia, alex-zhigalin@mail.ru
[2]Federal Research Center of Fundamental and Translational Medicine
Novosibirsk, Russia, mutashev2001@bk.ru
[3]Dagestan State University
Makhachkala, Russia, ali-eco@mail.ru[✉]

ABSTRACT. The aim of the research is to conduct an ecological and biogeographic analysis of the network of underground bat habitats in Dagestan foothill zone, paying special attention to the role of unstable clay caves as specific landscape elements. **Methods** included visual inspection of the slopes in the vicinity of Karabudakhkent village to identify new shelters, mapping and metric description of cavities, regular bats surveys with visual identification of species, as well as annual monitoring of the microclimate using an automatic temperature recorder. **Results**. Three previously unknown clay caves have been identified and described, in which 6 species of bats have been recorded, five of which are red-listed. The largest cave is used year-round by greater horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*) and the lesser mouse-eared bat (*Myotis blythii*) to form brood and wintering colonies. The high geological instability of these biotopes is shown, which led to the partial or complete destruction of two caves and a reduction in species diversity. **Conclusions**. The discovered clay caves, despite their instability and temporary nature, are important elements of the landscape and biogeographic structure of foothill Dagestan, forming a local network of key stations for rare bat species. In order to preserve regional biodiversity, an urgent inventory of such habitats is needed, giving them a protected status and developing measures to stabilize the most valuable cavities.

Keywords: bats, underground habitats, clay caves, biogeography, geological substrate, landscape ecology, foothills of Dagestan, biodiversity conservation, microclimate, red-listed species.

Acknowledgment
The research was financially supported by the Russian Science Foundation grant No. 25-14-20072 “Genetic Diversity of RNA Viruses Potentially Dangerous to Humans and Agricultural Animals in Populations of Small Mammals, Bats, and Birds in the Territory of the Republic of Dagestan”.

For citation: Zhigalin AV, Mutashev BA, Gadzhiev AA. Biogeographic Significance and Lithogenic Conditioning of Underground Bat Shelters in the Foothill Zone of Dagestan. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(3):61-71. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-61-71. EDN: UFNPVB

Введение

Рукокрылые (Chiroptera) – одна из наименее изученных групп млекопитающих, что обусловлено скрытным образом жизни летучих мышей и труднодоступностью их мест обитания [1]. Тем не менее, Республика Дагестан выделяется самым богатым в России видовым разнообразием рукокрылых: по современным данным, на ее территории обитает не менее 26 видов летучих мышей, относящихся к 3 семействам [2]. Интенсивные фаунистические исследования последних десятилетий существенно расширили сведения о структурах популяций и ареалах многих видов, увеличив известный список с 16 до 26 видов [2]. При этом ряд видов, выявленных в Дагестане впервые, относится к категории редких и охраняемых, включая *Myotis emarginatus Myotis emarginatus* (E. Geoffroy, 1806), *M. alcathoe Myotis alcathoe* Von Helversen, Heller, 2001, *Nyctalus lasiopterus Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780), *Barbastella barbastellus Barbastella barbastellus* Schreber, 1774 и *Tadarida teniotis Tadarida teniotis* Rafinesque, 1814 [2]. Многие из этих редких видов находятся на периферии своего ареала.

Дагестан характеризуется сложным геологическим строением, следствием чего яв-

ляется наличие большого числа подземных полостей (карстовых пещер, каверн и антропогенных штолен). Несмотря на это, степень спелеологической изученности региона остается низкой: в научной литературе описано лишь несколько пещер предгорного Дагестана [3-5]. До недавнего времени достоверные сведения о зимовках рукокрылых в Дагестане были единичны – фактически известны лишь два убежища с зимующими летучими мышами. Одно из них – Карабудахкентская (она же Къызташ или «Живая») пещера, где со второй половины XX в. регулярно отмечали зимующие колонии подковоносов Мегели *R. mehelyi* Matschie, 1901 и большого подковоноса *R. ferrumequinum*. Другая известная точка – небольшая заброшенная штольня у пос. Джалган, в которой в феврале 2003 г. был найден малый подковонос *R. hipposideros* (Bechstein, 1800) [6].

Из общего числа видов рукокрылых Дагестана 7 занесены в Красную книгу Российской Федерации [7], а 10 видов включены в Красную книгу Республики Дагестан [8]. Большинство редких и уязвимых видов региона тяготеют к обитанию в подземных укрытиях, используемых для дневного отдыха, выведения потомства или зимней спячки. Подземные полости (естественные пещеры и штольни) играют критически важную роль в жизненном цикле этих видов, обеспечивая убежища для зимовки, создания выводковых колоний и образования брачных скоплений. Выявление и последующий мониторинг таких ключевых стаций являются необходимым условием разработки эффективных мер охраны этих уязвимых животных [9]. Как показали исследования, наиболее уязвимы виды, обитающие в пещерах: *R. ferrumequinum, R. mehelyi, M. blythii, M. emarginatus* – именно для них в Дагестане обнаружены крупнейшие в стране маточные колонии, нуждающиеся в охране [2].

Вместе с тем в Дагестане отсутствует полноценная инвентаризация подземных местообитаний рукокрылых. Официальный спелеологический кадастр содержит сведения лишь о считанных объектах. Так, в электронном атласе пещер России для Дагестана указано только 3 пещеры [10], тогда как по разрозненным литературным источникам можно собрать данные приблизительно о 20-22 подземных полостях региона. Каждая из таких полостей потенциально может служить убежищем для летучих мышей, и ее утрата или деградация способна негативно сказаться на локальных популяциях. Таким образом, актуальной задачей является выявление новых местообитаний рукокрылых и оценка их роли в сохранении биологического разнообразия.

Предгорная зона Дагестана – это область на стыке равнин и гор, характеризующаяся относительно мягким климатом и наличием выходов карстующихся пород, благоприятных для формирования пещер. Данная зона потенциально предоставляет множество убежищ для рукокрылых, включая как естественные пещеры, так и искусственные полости (штольни, тоннели). Однако степень изученности этих местообитаний остается низкой, а их вклад в поддержание регионального биоразнообразия рукокрылых не оценен. Отсутствуют систематизированные сведения о «сети» подземных убежищ – то есть о совокупности пещер и аналогичных объектов, используемых летучими мышами в пределах предгорного Дагестана, об их распределении, режиме использования (круглогодичные или сезонные убежища) и состоянии сохранности. Также мало изучены экологические условия этих убежищ (микроклимат) и их влияние на размещение и численность колоний.

Цель настоящего исследования – провести эколого-биогеографический анализ сети подземных местообитаний рукокрылых в предгорной зоне Дагестана. Под этим подразумевается: (1) выявление новых подземных убежищ, используемых рукокрылыми, и описание их характеристик; (2) определение видового состава и структуры группировок летучих мышей в обнаруженных убежищах; (3) оценка экологических условий (температурного режима и др.) данных местообитаний и их влияния на сезонную динамику колоний; (4) сопоставление полученных данных с известными ранее крупными колониями рукокрылых Дагестана для оценки биогеографической значимости каждого убежища; (5) выявление актуальных угроз и разработка рекомендаций по сохранению обнаруженных мест обитания.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на территории предгорной зоны Республики Дагестан. Основное внимание уделено центральному участку предгорий, расположенному к северо-востоку от городов Махачкала и Избербаш, в окрестностях с. Карабудахкент. Данная местность относится

к внешнегорному (предгорному) Дагестану и характеризуется сочетанием равнинных участков (Прикаспийская низменность) с холмистыми возвышенностями, сложенными осадочными породами. В районе с. Карабудахкент находится куполообразная возвышенность Эльдама, сложенная преимущественно известняками и глинами неоген-четвертичного возраста [3]. На склонах этой возвышенности ранее известны крупные карстовые полости – Карабудахкентская пещера 1 («Живая») длиной около 250 м и Карабудахкентская пещера 2 («Мертвая») длиной около 100 м [6]. Обе пещеры заложены по системе карстовых трещин и расположены близ с. Карабудахкент на высоте ~150-200 м н. у. м. [6]. Карабудахкентская («Живая») пещера издревле известна местным жителям и является самым крупным естественным подземным объектом района [3; 6]. Именно она исторически служила основным убежищем для крупных колоний летучих мышей, в том числе зимующих подковоносов [6] и летних выводковых колоний остроухой ночницы *M. blythii* (Tomes, 1857) [11].

В ходе настоящего исследования нами обнаружены и изучены три новых подземных убежища на северо-восточном склоне упомянутой возвышенности Эльдама, в непосредственной близости от р. Манасозень в с. Карабудахкент. Эти убежища представляют собой пещеры в отложениях глинистых пород. Два из них находятся рядом (на расстоянии около 10 м друг от друга), третье расположено отдельно, в ~230 м от первых (рис. 1). Все три пещеры залегают в пределах высот 180-200 м н. у. м., входы находятся на склонах балки.

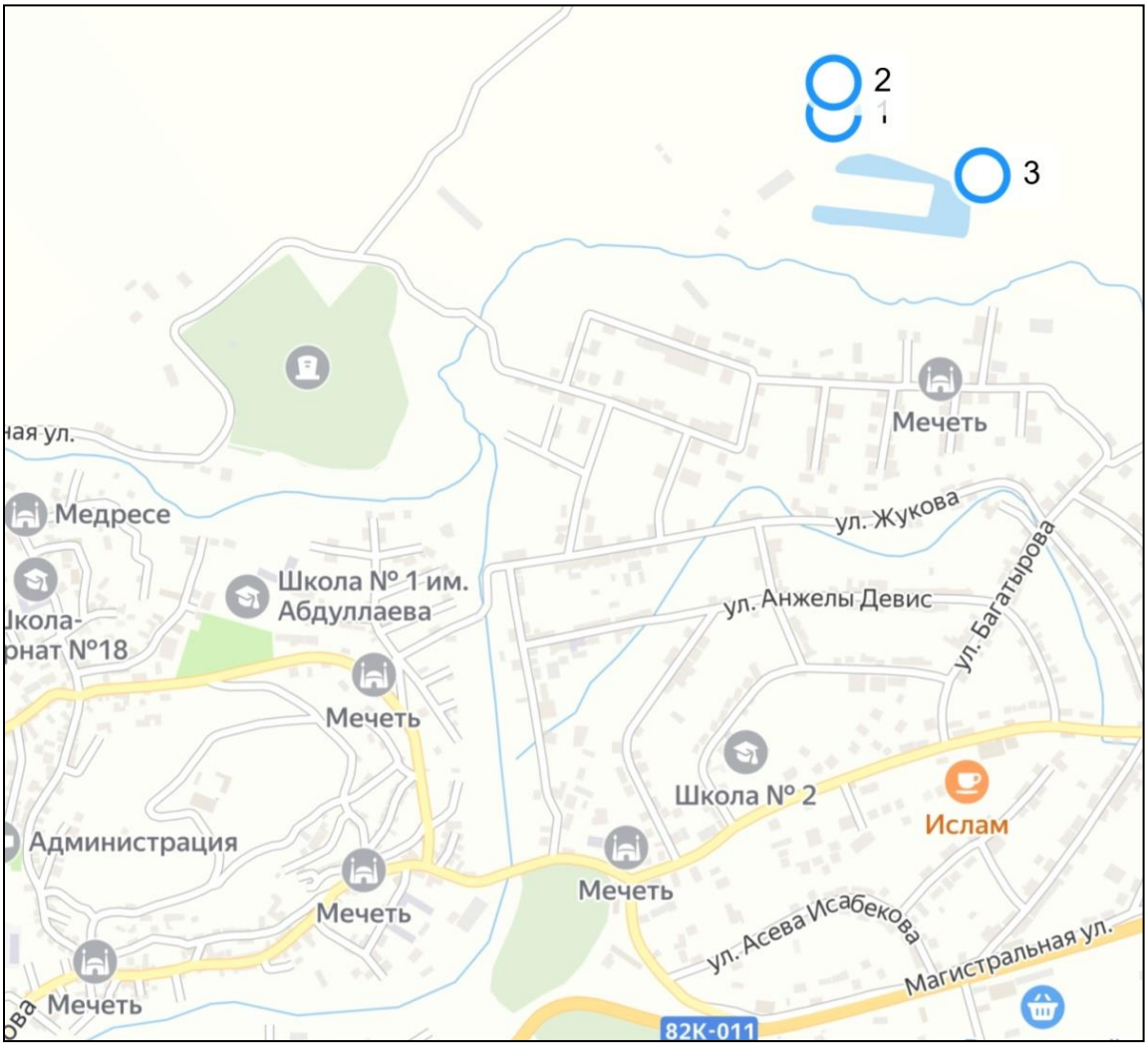


Рис. 1. **Расположение подземных укрытий близ с. Карабудахкент**
Fig. 1. Location of underground shelters near Karabudakhkent Village

Подземные полости обнаруживались визуальным обследованием склонов на наличие входных отверстий, а также с привлечением сведений местных жителей. После обнаружения убежища проводились его картирование и описание метрики. Каждое убежище было включено в программу мониторинга хироптерофауны: пещеры посещались регулярно (не реже 1 раза в два месяца) с момента обнаружения. Во время каждого посещения проводился учёт рукокрылых. Осмотры выполнялись в дневное время с минимальным беспокойством животных: исследователь в защитной каске и с налобным фонарем медленно продвигался вдоль основного хода, подсчитывая всех обнаруженных летучих мышей поштучно или группами (при больших скоплениях – по фотографиям). Каждый экземпляр идентифицировался до вида по характерным морфологическим признакам, визуально. В отдельных случаях для подтверждения видовой принадлежности животных аккуратно брали в руку, после чего сразу возвращали на место. Особое внимание уделялось фиксации наличия детёнышей (сеголеток) в колонии в летний период. Фиксировалось также половозрастное состояние особей (например, наличие самцов в летних скоплениях указывало на холостяцкие группы).

В одной из пещер (убежище № 1, см. ниже) был установлен автоматический регистратор температуры типа TZ-TempU03 (Tzone Digital Technology, КНР). Логгер монтировался на стене внутреннего зала. Измерения температуры воздуха проводились с интервалом в 1 час в течение полного года. Полученные данные использованы для анализа температурной динамики внутри убежища и ее влияния на сезонные изменения численности летучих мышей.

Полученные полевые данные обобщены в форме описания каждого изученного подземного убежища и группировки рукокрылых, в нем обитающей (видовой состав, численность, сезонная динамика, наблюдавшиеся изменения). Для оценки динамики численности применялся сравнительный анализ помесячных учётов, сопоставленных с данными температурного мониторинга. Так как исследования носили наблюдательный характер, статистическая обработка свелась к расчету средних значений численности колоний в разные периоды года, а также экстремальных и средних значений температуры и влажности. Полученные результаты сравнены с литературными данными по известным колониям рукокрылых Дагестана (как летним, так и зимним), в том числе с материалами по Карабудахкентской («Живой») пещере как крупнейшему известному убежищу региона [11-13].

Результаты

Пещера № 1 («Большая глиняная пещера»). Обнаружена в 2020 г.; наименование предложено авторами в связи с большими размерами и глинистой природой породы. Расположена на склоне балки на высоте ~189 м н. у. м. Первоначально имела два входа, ориентированных на юг и на север (рис. 2). До сентября 2021 г. оба входных отверстия были проходимы: южный вход представлял собой наклонный лаз, северный – широкий полого нисходящий коридор. После сильных продолжительных дождей осенью 2021 г. произошел оползень: южный вход оказался полностью завален селевым потоком, а северный существенно деформировался – превратился в узкую вертикальную шахту. На момент обследований 2020-2023 гг. пещера имела общую протяженность около 30 м. Внутренние полости представляют собой один основной галереевидный ход с несколькими небольшими ответвлениями. Максимальная высота сводов достигала ~6 м (средняя высота ходов около 2 м), максимальная ширина около 5 м (средняя ~1 м). Дно пещеры покрыто рыхлым глинистым грунтом, местами влажным. Отмечено постепенное ежегодное накопление глины на дне (вероятно, в результате просачивания ила через трещины во время ливней), что приводит к постепенному заполнению и уменьшению полезного объема полости, в частности, к блокировке узких тупиковых ответвлений от основного хода.

Микроклимат: температурный мониторинг внутри пещеры показал, что годовые колебания температуры воздуха составляют от +7,9 °C (минимум в январе) до +28,3 °C (максимум в июле); среднегодовое значение температуры – около +13,1 °C. Таким образом, пещера отличается сравнительно теплым микроклиматом, особенно в летний период. В зимние месяцы температура стабильно держалась в диапазоне +7…+9 °C, практически не опускаясь ниже.

До частичного разрушения пещеры (2021 г.) в ней отмечалось максимальное видовое разнообразие рукокрылых и численность колоний. Всего за период наблюдений в пещере № 1 зарегистрировано 6 видов летучих мышей: большой подковонос *R. ferrumequinum*, малый подковонос *R. hipposideros*, подковонос Мегели *R. mehelyi*, остроухая ночница *Myotis blythii*, трехцветная ночница *M. emarginatus* и ночница Давида *M. davidii* (Peters, 1869). Все перечисленные виды, за исключением M. davidii, включены в Красные книги РФ и Дагестана [7; 8]. В 2021 г., до обвала, наблюдались наиболее крупные скопления: в зимний период (октябрь-апрель) зафиксированы единичные особи подковоноса Мегели (1 особь) и относительно небольшая группировка большого подковоноса (до 18 зимующих особей). Летний сезон 2021 г. характеризовался присутствием в пещере значительных по численности выводковых колоний двух видов: большого подковоноса и остроухой ночницы. Численность маточной колонии *R. ferrumequinum* в июле 2021 г. достигала 31 особи (включая самок с детёнышами), а колония *M. blythii* насчитывала около 110 особей. Кроме того, летом 2021 г. в пещере были отмечены временные скопления холостяков: так, наблюдалось до 30 самцов трехцветной ночницы *M. emarginatus* и единичный самец *M. davidii*, укрывавшиеся в прохладных участках дальнего зала.

После обрушения части пещеры (конец 2021 г.) видовое разнообразие и численность сократились. В 2022-2025 гг. в пещере стабильно отмечались только два вида – большой подковонос и остроухая ночница, образующие многочисленные колонии, тогда как *R. mehelyi*, *M. emarginatus* и *M. davidii* больше не фиксировались. *R. ferrumequinum* использует данное убежище круглогодично: зимой здесь сохраняется небольшая группировка (рис. 3) этого вида, а с мая по сентябрь формируется выводковая колония, средняя численность которой за период наблюдений составила ~36 особей с ежегодным появлением детёнышей. *R. mehelyi* в зимний период 2020-2021 был представлен единично и после обрушения не встречался; летних скоплений этого вида в пещере не отмечено. *M. blythii* использует пещеру только в теплый сезон: с мая по начало сентября здесь располагалась крупная маточная колония этого вида. Средняя численность *M. blythii* за летний период составляла ~125 особей, причем пик численности приходился на июль. С наступлением осени (конец августа – начало сентября) колония остроухой ночницы покидала пещеру, полностью отсутствуя в зимние месяцы.

Анализ данных мониторинга за 2021-2025 гг. выявил отчетливую ежегодную картину смены фаз использования убежища. В мае фиксировалось резкое увеличение численности летучих мышей по сравнению с зимним периодом – в пещеру возвращались особи, покинувшие ее на время холодов (в случае *M. blythii* – фактически весь состав колонии, ушедший на зимовку в неизвестное место). В июне-июле, с ростом температуры воздуха в пещере до максимальных значений (~25-28 °C), происходило рождение и выкармливание детенышей, то есть наибольший прирост численности за счет появления сеголеток. В этот период наблюдалось плотное скучивание животных в самых теплых участках свода (особенно характерно для колонии *M. blythii*). К концу лета (последние числа августа – начало сентября), когда температура внутри убежища начинала заметно снижаться (до ~17 °C и ниже), происходил распад выводковых колоний: *M. blythii* полностью покидала пещеру, а численность *R. ferrumequinum* сокращалась до уровня зимующих групп (менее ~15 особей) – вероятно, значительная часть летних обитателей этого вида также мигрировала на другие места зимовки. В осенне-зимний период колонии отсутствовали, присутствовали лишь небольшие группы или единичные особи *R. ferrumequinum*, рассредоточенные в пещере. Таким образом, для постоянных обитателей пещеры характерна сезонная цикличность: в теплое время года – формирование крупных выводковых колоний, в холодное – распад и значительное снижение численности вплоть до отдельных особей. Данный цикл синхронизирован с изменениями микроклимата убежища: при температуре ~17 °C весной животные возвращаются в укрытие, а понижение температуры до аналогичных значений осенью инициировало миграцию группировок (рис. 4).

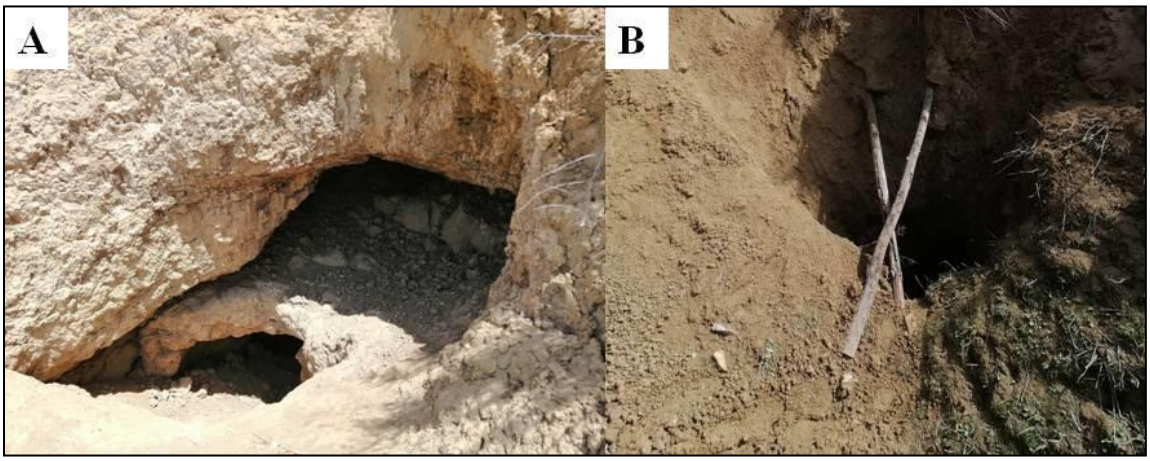


Рис. 2. **Южный (A) и северный (B) входы в Большую глиняную пещеру. Фото Б. Муташева**
Fig. 2. Southern (A) and northern (B) entrances to the Big Clay Cave. Photo by B. Mutashov



Рис. 3. **Зимняя группировка *R. Ferrumequinum* в Большой глиняной пещере в 2022 г. Фото Б. Муташева**
Fig. 3. Winter aggregation of *R. ferrumequinum* in the Big Clay Cave in 2022. Photo by B. Mutashov

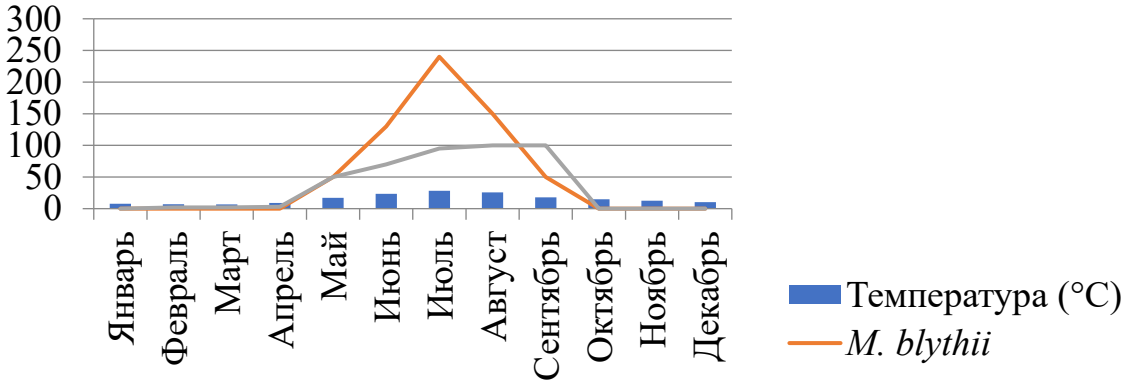


Рис. 4. **Динамика температуры и численности рукокрылых в Большой глиняной пещере**
Fig. 4. Dynamics of temperature and bat abundance in the Big Clay Cave

Пещера № 2 («Малая глиняная пещера»). Обнаружена в 2021 г., расположена на том же склоне в ~10 м от входа в пещеру Большая глиняная. Представляет собой вертикальный колодец (лаз) глубиной около 12 м. Ширина хода не превышает 1 м. При первом обследовании (июль 2021 г.) от основного колодца отходило узкое горизонтальное ответвление длиной ~2 м, заканчивающееся тупиком. В этом ответвлении была обнаружена выводковая колония остроухой ночницы *Myotis blythii* численностью 21 особь (самки с детенышами). В сентябре 2021 г. после сильных дождей произошел обвал, и единственное горизонтальное ответвление было полностью разрушено. После этого пещера стала представлять собой практически гладкий вертикальный канал без полостей, непригодный для обитания летучих мышей. После осени 2021 г. рукокрылые здесь больше не отмечались. Таким образом, колония *M. blythii*, обнаруженная в Малой глиняной пещере летом 2021 г., вероятно, была вынужденно покинута и рассеялась вследствие уничтожения убежища. Можно предположить, что эти особи присоединились к основной колонии данного вида в соседней пещере № 1, либо нашли другие укрытия. Данный случай иллюстрирует уязвимость подземных местообитаний в неустойчивых грунтах.

Пещера № 3 («Глиняный тоннель»). Обнаружена в 2022 г., находится отдельно от первых двух, на расстоянии ~230 м. Представляет собой сквозной горизонтальный лаз, проходящий через толщу глины от подножия склона до его середины. Общая длина хода около 15 м, диаметр тоннеля ~1 м (в некоторых участках до 1,5 м). Оба выхода пещеры узкие, малозаметные, расположены среди зарослей кустарника. Морфологически пещера напоминает натуральную карстовую трубу, хотя образована, скорее всего, в результате эрозионного вымывания мягкой породы. Полость относительно стабильна, хотя имеются следы осыпания грунта по периметру ходов. При наблюдениях в тёплый период (май-август) 2022 г. в пещере были отмечены единичные особи малого подковоноса *R. hipposideros*. Как правило, фиксировалось от 1 до 4 зверьков, придерживавшихся наиболее затемненного центрального участка тоннеля. Все отмеченные особи были взрослыми самцами. Вероятно, данный тоннель служил временным убежищем для небольших холостяцких групп *R. hipposideros.*

Обсуждение

Наши результаты подтверждают, что предгорная зона Дагестана имеет развитую спелеологическую структуру, значимую для различных видов рукокрылых. Выявление трех новых пещер в хорошо освоенном районе (окрестности районного центра Карабудахкент) указывает на недостаточную изученность региона в спелеологическом отношении. Это согласуется с ранее высказанными оценками о малом числе описанных пещер Дагестана [3-5]. Очевидно, что значительная доля подобных убежищ остается неучтенной научно, особенно мелкие и труднодоступные полости, которые тем не менее могут играть важную роль в поддержании локальных популяций летучих мышей. Обнаруженные нами новые убежища расширяют представление о подземных стациях летучих мышей в предгорьях: ранее считалось, что на востоке Кавказа основным и едва ли не единственным крупным центром концентрации рукокрылых является Карабудахкентская пещера. Теперь же становится ясно, что рядом с ней существуют и другие, пусть более мелкие, но функционально важные убежища, образующие единую колониальную систему.

Наше исследование показывает, что различные типы подземных полостей (карстовые и глинисто-эрозионные) дополняют друг друга, обеспечивая рукокрылым альтернативные укрытия. Так, Большая глиняная пещера поддерживает выводковую колонию *M. blythii* и постоянное присутствие *R. ferrumequinum.* Кроме того, в ней был зарегистрирован факт зимовки *R. mehelyi* (1 особь) вне основного известного места зимовки этого вида. Это позволяет предположить, что часть особей редкого *R. mehelyi* способна в мягкие зимы использовать и небольшие укрытия с подходящим микроклиматом.

Следует отметить, что обнаруженные нами пещеры имеют специфическую геологическую природу – они заложены в глинистых откладах, а не в устойчивых породах (известняках). Такие «глинистые пещеры» крайне нестабильны во времени, о чем свидетельствует судьба пещеры № 2 и частично № 1. Этот факт накладывает

ограничения на долговременное использование подобных убежищ летучими мышами. Таким образом, хотя обнаруженные глинистые пещеры и являются сейчас частью сети местообитаний, их будущее неопределенно. Это усложняет обобщение результатов – далеко не все элементы сети стабильны, некоторые могут исчезать, тогда как могут образовываться и новые. В отличие от них, карабудахкентские карстовые пещеры («Живая» и «Мертвая») существуют, тысячелетия и представляют стабильные экологические ниши, вокруг которых и группируется колония.

С точки зрения охраны природы, полученные результаты подчёркивают необходимость сохранения не только крупных, но и мелких подземных убежищ. Каждое выявленное нами укрытие оказалось местообитанием для видов, занесенных в Красные книги. Утрата любого из них (как случилось с пещерой № 2) ведет к потере целой группировки редких животных. В этой связи целесообразно включить выявленные убежища в перечень охраняемых спелеообъектов. На региональном уровне возможно придание им статуса памятников природы или создания охранных спелеологических полигонов. Особенно это касается пещеры № 1 (Большой глиняной). В настоящее время ее разрушение продолжается по естественным причинам (оползни, просадки грунта). Необходимо рассмотреть возможность проведения инженерно-укрепительных работ – например, установки поддерживающих конструкций или укрепления стен специальными составами, чтобы стабилизировать полость и предотвратить ее дальнейшее обрушение. Подобные меры успешно применялись для сохранения пещер в других регионах. В случае пещеры № 1 такие меры позволили бы сохранить на долгосрочную перспективу местообитание сразу двух редких видов (*R. ferrumequinum* и *M. blythii*) и потенциально создать условия для возвращения утраченных (*M. emarginatus*, *R. mehelyi*).

Помимо инженерных решений, важна охрана от прямого беспокойства. Беспокойство в период гибернации и размножения летучих мышей способно приводить к гибели детенышей [9]. Поэтому рекомендуется ограничить несанкционированное посещение ключевых пещер, а также проводить разъяснительную работу с жителями о ценности этих объектов для сохранения краснокнижных видов. Желательно оборудовать у входов в основные пещеры информационные аншлаги, предупреждающие о недопустимости беспокойства летучих мышей и об административной ответственности за преднамеренное разрушение убежищ.

Заключение

Полученные данные расширяют знания о распределении и экологии рукокрылых Республики Дагестан. В предгорной зоне Дагестана выявлены и исследованы ранее неизвестные укрытия рукокрылых, включающая три новые пещеры. В обнаруженных убежищах зарегистрировано 6 видов летучих мышей, пять из которых относятся к числу редких и занесены в Красные книги. Крупнейшее из новых убежищ (пещера № 1, «Большая глиняная») круглогодично служит убежищем для значительных колоний большого подковоноса *R. ferrumequinum* и остроухой ночницы *M. blythii*, выполняя функции летнего материнского и зимнего укрытия соответственно. Два других убежища (пещера № 2 и пещера № 3) играют роль сезонных стаций: в первом случае – для размножения *M. blythii*, во втором – для дневного отдыха малых подковоносов *R. hipposideros.*

Геологическая нестабильность глинистых пещер обусловила сокращение числа видов и особей после обрушений: так, пещера № 2 была полностью утрачена как местообитание, а в пещере № 1 исчезли три вида. Тем не менее, пещера № 1 сохраняет вторую по величине в регионе группировку рукокрылых (после известной Карабудахкентской пещеры) и является ключевым убежищем для редких видов. Температурный режим этого убежища благоприятен для летучих мышей: летом отмечены оптимальные условия для выращивания потомства, зимой – мягкий микроклимат для гибернации.

В летний период 2025 г. ситуация осталась прежней. В Большой глиняной пещере были сформированы колонии остроухой ночницы и большого подковоноса.

Каждая из пещер этой сети способна внести вклад в сохранение популяций редких видов, будь то зимовка подковоносов Мегели или размножение остроухой ночницы. В связи с этим охрана всех выявленных убежищ является приоритетной.

Необходимо предотвратить их разрушение (в том числе с помощью инженерного укрепления) и минимизировать фактор беспокойства. Настоящее исследование служит научной основой для разработки мер сохранения уникальных колоний рукокрылых на Северо-Восточном Кавказе. Дальнейшее комплексное изучение сети подземных местообитаний (с привлечением новых районов, методов мечения и мониторинга микроклимата) позволит более полно понять биогеографическую роль предгорного Дагестана как убежища для южных, теплолюбивых видов летучих мышей на границе их ареала. Реализация предложенных мер охраны обеспечит долгосрочное существование этих видов и сохранение биологического разнообразия региона.

Список источников

1. Ильин В. Ю., Смирнов Д. Г., Красиков К. К. К распространению и изменчивости рукокрылых (Chiroptera) в Европейской России // Plecotus et al. 2003. № 6. С. 7-22.

2. Смирнов Д. Г., Джамирзоев Г. С., Газарян С. В., Вехник В. П., Быков Ю. А. Рукокрылые (Chiroptera) Дагестана: обзор фауны по итогам исследований в 2017–2019 гг. // Plecotus et al. 2019. № 22. С. 3-48. EDN: HJBWPB

3. Гусендибиров Д. С. Крупные пещеры предгорного Дагестана // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2012. № 1(18). С. 90-94. EDN: OYQYPL

4. Сефербеков М. Р. Оролатрия в Дагестане: пещера «Дюрхъ» // Вестник Дагестанского государственного университета. 2014. № 4. С. 181-186. EDN: SJSEZF

5. Идрисов И. А. Подземные объекты окрестностей села Гапшима (Центральный Дагестан) // Спелеология и спелестология. 2014. № 5. С. 74-77. EDN: YJAAZL

6. Смирнов Д. Г., Вехник В. П., Джамирзоев Г. С. Предварительные данные о зимовках рукокрылых в Дагестане: места находок и экологические особенности // Plecotus et al. 2021. № 24. С. 3-17. EDN: ORWKJW

7. Красная книга Российской Федерации. 2-е изд. М.: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. 1128 с. EDN: SHJFFC

8. Красная книга Республики Дагестан. Махачкала: ИП Джамалудинов М. А., 2020. 800 с. EDN: ALPNXQ

9. Газарян С. В. Проблемы изучения и охраны рукокрылых в подземных убежищах России // Спелеология и спелестология. 2010. № 1. С. 292-295. EDN: YICRLR

10. Пещеры. Информационно-поисковая система. 2025. URL: https://speleoatlas.ru/ (дата обращения: 04.11.2025).

11. Жигалин А. В., Муташев Б. А., Казаватова А. С., Абдулхаликова Д. М., Насрутдинов Б. У. Фауна позвоночных пещеры Къызташ (Карабудахкентской/«Живой») в Республике Дагестан // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18. № 2(67).

References

1. Ilyin VYu, Smirnov DG, Krasikov KK. On the distribution and variability of bats (Chiroptera) in European Russia. *Plecotus et al.* 2003(6):7-22. (In Russ)

2. Smirnov DG, Dzhamirzoev GS, Gazaryan SV, Vekhnik VP, Bykov YuA. Bats (Chiroptera) of Dagestan: review of fauna resulted from research in 2017-2019. *Plecotus et al.* 2019(22):3-48. (In Russ). EDN: HJBWPB

3. Gusendibirov DS. Large caves of Dagestan foothills. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2012(1(18):90-94. (In Russ). EDN: OYQYPL

4. Seferbekov M.R. Orolatriya in Daghestan: "Dyurh" cave. *Vestnik Dagestanskogo Gosudarstvennogo Universiteta.* 2014(4):181-186. (In Russ). EDN: SJSEZF

5. Idrisov IA. Underground objects in the vicinity of Gapshima village (Central Dagestan). *Speleology and Spelestology*. 2014(5):74-77. (In Russ). EDN: YJAAZL

6. Smirnov DG, Vekhnik VP, Dzhamirzoyev GS. Primary data of over wintering bats in Dagestan: finding sites and ecological peculiarities. *Plecotus et al.* 2021. № 24. С. 3-17. (In Russ). EDN: ORWKJW

7. Red Book of the Russian Federation. 2nd ed. Moscow: FSBI All-Russian Research Institute for Environmental Protection, 2021:1128. (In Russ). EDN: SHJFFC

8. Red Book of the Republic of Dagestan. Makhachkala: IP Dzhamaludinov M. A., 2020:800. (In Russ). EDN: ALPNXQ

9. Gazaryan SV. Problems of studying and protecting bats in underground shelters in Russia. Speleology and Speleology. 2010(1):292-295. (In Russ). EDN: YICRLR

10. Caves. Information Retrieval System. 2025. URL: https://speleoatlas.ru/ (accessed 04.11.2025). (In Russ)

11. Zhigalin AV, Mutashev BA, Kazavatova AS, Abdulkhalikova DM, Nasrutdinov BU. The vertebrate fauna of the Kyztash cave (Karabudakhkentskaya / Zhivoy) in the Republic of Dagestan. *South of Russia: Ecology, Development.* 2023;18(2(67):6-

С. 6-14. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-6-14. EDN: SJNBNN

12. Смирнов Д. Г., Джамирзоев Г. С., Быков Ю. А., Вехник В. П. Новые находки редких видов рукокрылых (Chiroptera) на Восточном Кавказе (Дагестан) // Зоологический журнал. 2022. Т. 101. № 9. С. 1061-1071. DOI: 10.31857/S0044513422090100. EDN: ZVNWQZ

13. Жигалин А. В., Гаджиев А. А., Муташев Б. А., Алексеев А. Ю. Особенности экологии *Rhinolophus mehelyi* (Chiroptera: Rhinolophidae) в период гибернации на северо-востоке Кавказа // Юг России: экология, развитие. 2024. Т. 19. № 1(70). С. 60-66. DOI: 10.18470/1992-1098-2024-1-5. EDN: EUCTVF

14. (In Russ). DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-6-14. EDN: SJNBNN

12. Smirnov DG, Dzhamirzoev GS, Bykov YuA, Vekhnik VP. New finds of rare bat species (Chiroptera) in the Eastern Caucasus (Dagestan). *Zoologicheskiy Zhurnal*. 2022;101(9.):1061-1071. (In Russ). DOI: 10.31857/S0044513422090100. EDN: ZVNWQZ

13. Zhigalin AV, Gadzhiev AA, Mutashev BA, Alekseev AYu. Features of the ecology of *Rhinolophus Mehelyi* (Chiroptera: Rhinolophidae) during hibernation in the North-East of the Caucasus. *South of Russia: Ecology, Development*. 2024;19(1(70):60-66. (In Russ). DOI: 10.18470/1992-1098-2024-1-5. EDN: EUCTVF

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Жигалин Александр Владимирович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биологии и почвоведения, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, alex-zhigalin@mail.ru, http://orcid.org/0000-0003-4661-0560

Муташев Батыргиши Абдулгамидович, аспирант, Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, Новосибирск, Россия, mutashev2001@bk.ru, http://orcid.org/0000-0002-6078-9002

Гаджиев Алимурад Ахмедович, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, проректор по научной и инновационной работе, Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия, ali-eco@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7359-1951

Критерии авторства

Жигалин А. В. и Муташев Б. А. проводили обследование пещер; Гаджиев А. А. участвовал в организации и камеральной обработке данных.

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 V. Zhigalin, Ph.D. (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Biology and Soil Science, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia, alex-zhigalin@mail.ru, http://orcid.org/0000-0003-4661-0560

Batyrgishi A. Mutashev, Ph.D. student, Federal Research Center of Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia, mutashev2001@bk.ru, http://orcid.org/0000-0002-6078-9002

Alimurad A. Gadzhiev, Ph.D. (Biology), Associate Professor, Department of Ecology, Vice-Rector for Research and Innovation, Dagestan State University, Makhachkala, Russia, ali-eco@mail.ru, http://orcid.org/0000-0003-4661-0560

Contribution of the authors

Zhigalin A.V. and Mutashev B.A. conducted the cave surveys; Gadzhiev A.A. participated in the organization and office processing of the data.

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: 504.453
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-72-78
EDN: WKDOYF

Оценка загрязнения воды реки Воронеж в городе Липецке и его пригородной зоне биологическими методами

©2025Кохан Ю. С.✉, Иванова Е. Ю.
Воронежский государственный университет
Воронеж, Россия, kohanris@gmail.com✉, ivanova.vsu@gmail.com

РЕЗЮМЕ. Целью данной работы является оценка микробиологических параметров проб воды и биотестирования токсического загрязнения воды р. Воронеж в г. Липецке и его пригородной зоне. **Методы.** Из прибрежных вод р. Воронеж было отобрано 18 проб. Исследование степени загрязнения водоема включало в себя оценку общего микробного числа, проверку на содержание в воде колиморфных бактерий, оценку общей токсичности и мутагенной активности. **Результаты.** В результате проведенного исследования мы выявили во всех пробах высокие показатели общего микробного числа, также содержание колиморфных бактерий обнаружено в 14 пробах из 18. В результате биотестирования стимуляция ростовых процессов до токсического уровня была отмечена в большинстве проб. В исследуемой воде было обнаружено присутствие только одного типа мутагенов в семи пробах на штамме ТА 100. **Выводы.** Исследование качества вод р. Воронеж в городской черте Липецка и его пригородной зоне выявило значительное антропогенное загрязнение. Основные источники загрязнения – промышленные предприятия, коммунально-бытовые стоки и отсутствие централизованной канализации в частном секторе.

Ключевые слова: Липецк, р. Воронеж, общее микробное число, относительная токсичность, мутагенная активность, колиморфные бактерии, хлорелла, сальмонелла.

Формат цитирования: Кохан Ю. С., Иванова Е. Ю. Оценка загрязнения воды реки Воронеж в городе Липецке и его пригородной зоне биологическими методами // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 3. С. 72-78. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-72-78. EDN: WKDOYF

Assessing Water Pollution in the Voronezh River in Lipetsk and its Suburban Area Using Biological Methods

©2025 Yuri S. Kokhan✉, Ekaterina Yu. Ivanova
Voronezh State University
Voronezh, Russia, kohanris@gmail.com✉, ivanova.vsu@gmail.com

ABSTRACT. The aim of the research is to assess the microbiological parameters of water samples and to biotest the toxic pollution of the Voronezh River in Lipetsk and its suburban area. **Methods**. A total of 18 samples were collected along the Voronezh River. The study of the reservoir pollution level included: assessment of the total microbial count, testing for the content of coliform bacteria in the water, assessment of general toxicity and mutagenic activity. **Results.** As a result of the research, we identified high levels of total microbial count in all samples, as well as coliform bacteria content in 14 out of 18 samples. As a result of biotesting, stimulation of growth processes to toxic levels was noted in the majority of samples. The presence of only one type of mutagen was detected in the studied water, in seven samples on the TA 100 strain.

Conclusions. The study of the water quality of the Voronezh River in the Lipetsk and its suburban area revealed significant anthropogenic pollution. The main sources of pollution are industrial enterprises, municipal wastewater and the lack of centralized sewerage systems in the private sector.

Keywords: Lipetsk, the Voronezh River, total microbial count, relative toxicity, mutagenic activity, coliform bacteria, Chlorella, Salmonella.

For citation: Kokhan YuS, Ivanova EYu. Assessing Water Pollution in the Voronezh River in Lipetsk and its Suburban Area Using Biological Methods. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(3):72-78. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-72-78. EDN: WKDOYF

Введение

Поверхностные водоемы играют ключевую роль в обеспечении населения водой, поддержании биологического разнообразия и функционировании экосистем. В то же время именно реки наиболее подвержены антропогенному воздействию, так как на их качество напрямую влияют промышленные и бытовые стоки, сельскохозяйственная деятельность, сопровождающаяся применением удобрений и пестицидов, а также несанкционированные сбросы сточных вод [1]. Нарушение естественного баланса водных экосистем приводит к ухудшению санитарно-гигиенических рисков для здоровья человека и состояния окружающей среды.

Река Воронеж является одной из крупнейших водных артерий Центрального Черноземья и выполняет важные хозяйственные, рекреационные и экологические функции. Протекая через крупный промышленный центр – г. Липецк, река подвергается комплексному воздействию как промышленных предприятий, так и коммунально-бытовых источников загрязнения. Дополнительным фактором риска является отсутствие централизованной системы канализации в частных секторах, расположенных вдоль русла, что способствует поступлению в водоем неочищенных сточных вод.

Материалы и методы исследования

Объектом данного исследования является участок р. Воронеж, протекающий через г. Липецк. Липецк является крупным промышленным центром с большим количеством предприятий, которые могут оказывать влияние на качество вод в реке. В некоторых районах вдоль реки расположены частные секторы, у которых отсутствует центральная канализация, данное обстоятельство также может оказывать влияние на водоем. Пробы воды были отобраны из прибрежных вод р. Воронеж с целью оценки степени воздействия описанных выше факторов на ее экологическое состояние. На рисунке 1 представлена карта с указанием местоположения всех выбранных точек.

Однако показатель микробного числа лишь условно позволяет оценить влияние содержащихся в водах микроорганизмов на здоровье человека. Наиболее важными являются показатели, позволяющие количественно оценить содержание патогенных микроорганизмов, к числу которых относят группу бактерий кишечной палочки (*Escherichia Coli*) [2]. Наличие бактерий группы кишечной палочки в водоеме, также их называют колиморфными бактериями, свидетельствует о фекальном загрязнении. Количественным показателем фекального загрязнения является коли-индекс, который определяется количеством кишечных палочек (*E. Coli*), обнаруживаемых в единице жидкости, почвы или твердого вещества. Для его определения использовали методику посева, аналогичную методике оценки ОМЧ, различие только в том, что тут посев осуществлялся на специализированной среде Эндо [3].

Для оценки общей токсичности сред было использовано определение токсичности по изменению оптической плотности культуры водоросли хлореллы. Процедура тестирования проходила по следующему алгоритму: приготовление тест-культуры, подготовка проб, культивирование, оценка результатов. Приготовленную тест-культуру водоросли внесли в стаканы с контрольной и тестируемыми пробами воды. Далее содержимое каждого стакана разливали во флаконы-реакторы. Культивирование проводили в культиваторе КВМ-05. Через 22 часа культивирования провели измерение оптической плотности суспензии водоросли во всех флаконах с помощью ИПС-03. О степени острого токсикологического воздействия тестируемой

воды на водоросли судят по разнице величины оптической плотности тест-культуры в контрольной и тестируемой пробах воды [4]. Для каждого разведения по результатам четырех параллельных определений вычисляли среднее значение оптической плотности по формуле (1):

$$X = \Sigma X_i / n, \quad (1)$$

где X – среднее значение оптической плотности;

X i – значения оптической плотности в i – том параллельном определении;

n – количество параллельных определений.

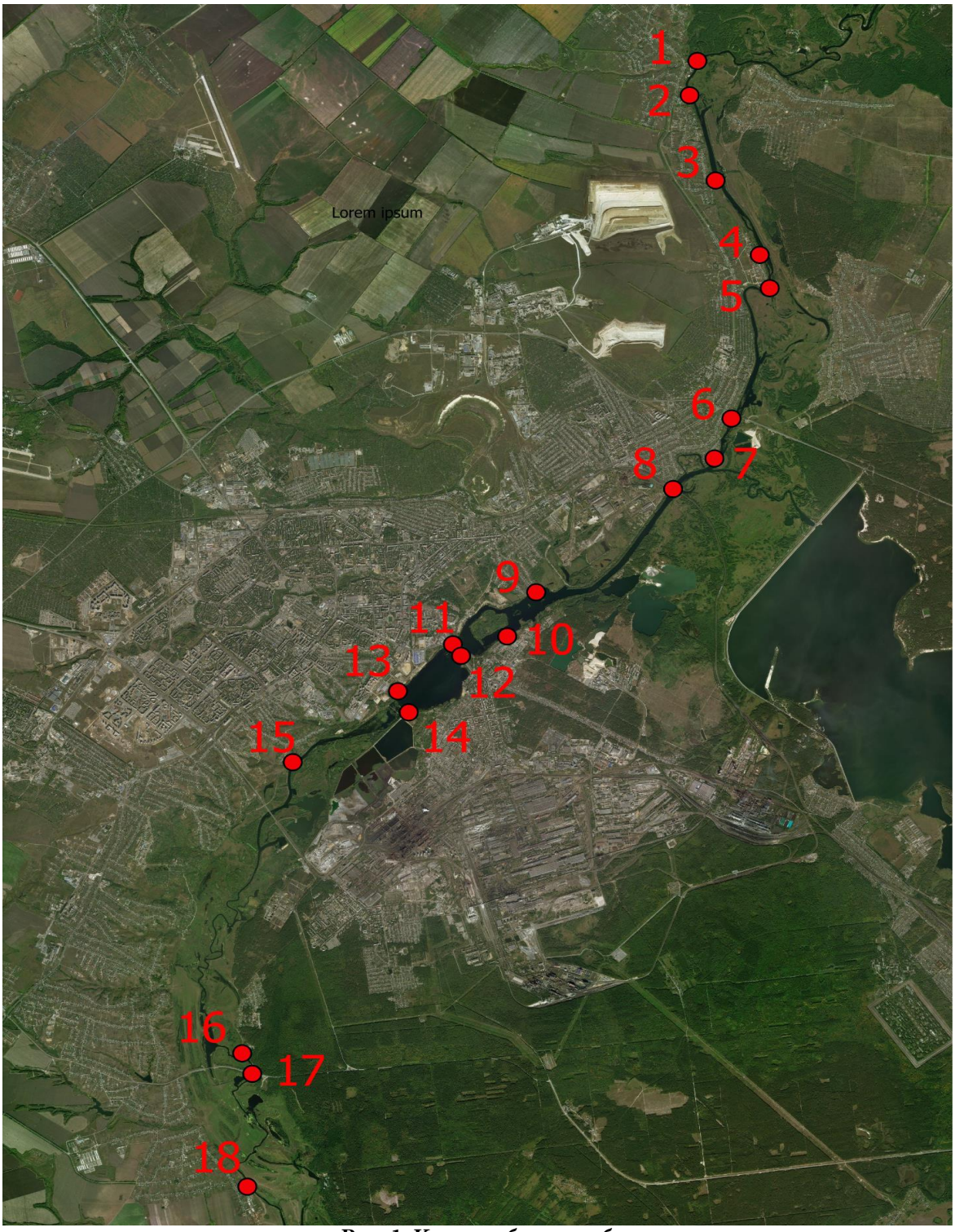


Рис. 1. Карта отбора проб
Fig.1. Sampling map

Критерии оценки токсичности пробы определяются при снижении оптической плотности по сравнению с контролем на 20 % и более (подавление роста) или повышении оптической плотности по сравнению с контролем на 30 % и более (стимуляция роста) [5]. Относительную разницу (в %) между контролем и опытом определили по формуле (2):

$$I = (X_к - X_о) / X_к * 100\%, \quad (2)$$

где $X_к$ и $X_о$ – средние значения оптической плотности в контроле и в опыте соответственно.

Для оценки мутагенной активности ксенобиотиков был применен тест Эймса с использованием двух штаммов сальмонеллы: TA 98 his D-3052 bio uvr B rfa, pKM 101 amp и TA 100 his G-46 bio urb B rfa, pKM 101 amp. Изучаемое вещество добавили к культурам бактерий, чтобы выяснить, не вызовет ли оно мутацию. В пробирки с агаром верхнего слоя добавили суспензии клеток индикаторных бактерий, испытуемого вещества и контрольной смеси. Содержимое вылили в чашки, аккуратно распределив на поверхности минимальной питательной среды Адамса. После застывания агара перевернули чашку вверх дном и инкубировали в темноте при 37 °С. Через 2 дня был произведен подсчёт колоний ревертантов выросших на чашках [6].

Оценка результатов производилась исходя из следующих критериев. Если количество колоний на опытных чашках превышает число колоний на контрольных чашках без мутагена не более, чем в 1,7 раза, делается заключение, что мутагенная активность не выявлена. Если наблюдается превышение в 1,7-10 раз, делается вывод о слабой, в 10-100 раз – о средней, более чем в 100 раз – о сильной мутагенной активности исследуемого вещества [6; 7].

Результаты и их обсуждение

Показатели общего микробного числа очень высоки во всех пробах. В природных водах считается нормальным число микроорганизмов 10-1000 на 1 л воды [9]. В нашем исследовании это значение выше в 3-51 раз. Это может свидетельствовать о высоком содержании биогенных соединений, стимулирующих рост различных микроорганизмов (рис. 2).

Содержание колиморфных бактерий обнаружено в 14 пробах из 18, при этом их содержание в 100 мл воды 100-4000, что может быть связано со смывом из неканализованных частных домов и выгребных ям, расположенных около реки сельских поселений, а также с выпасом сельскохозяйственных животных по берегам (рис. 3).

Далее было проведено биотестирование общей токсичности с помощью тест культуры Хлореллы. В 11 пробах из 18 отмечена стимуляция ростовых процессов до токсического уровня. Это может быть связано с высоким содержанием биогенных соединений, которые стимулировали рост бактерий, отмеченный при определении ОМЧ (рис. 4).

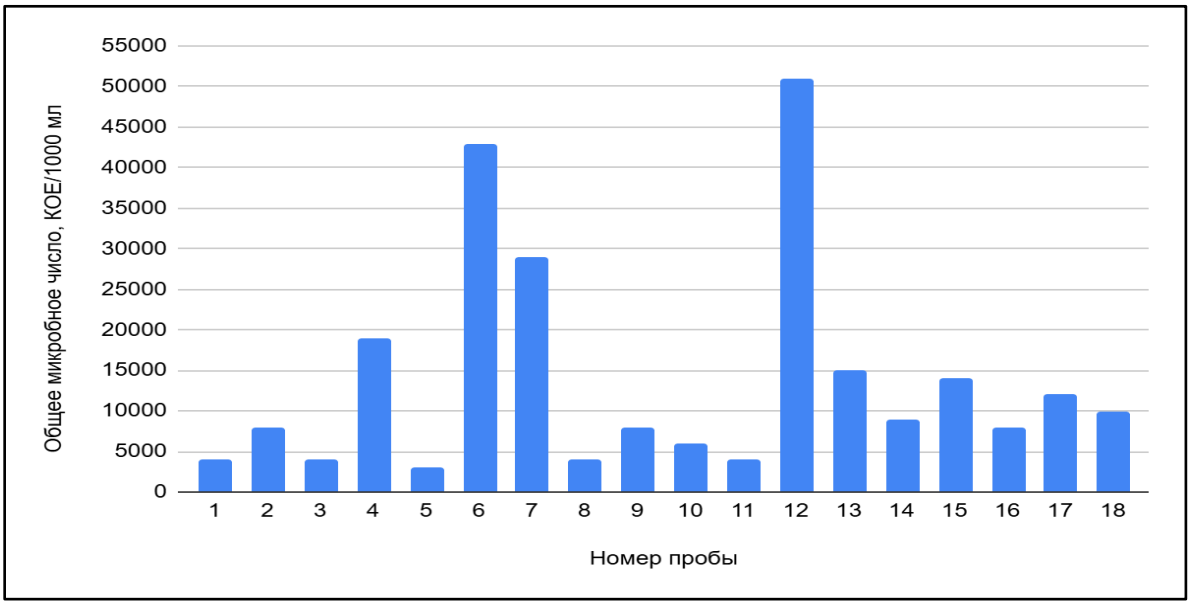


***Рис. 2.* Общее микробное число**
Fig. 2. Total microbial count

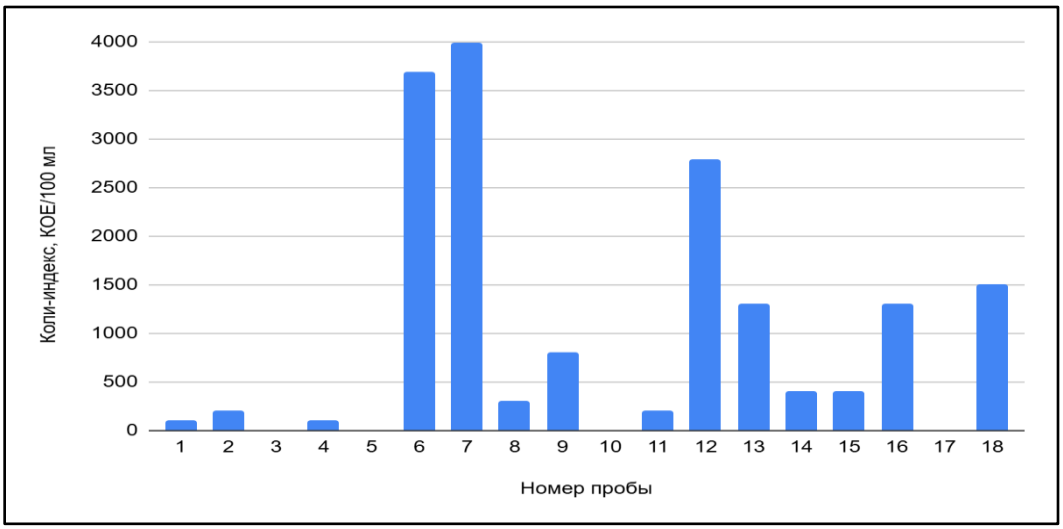


Рис. 3 **Коли-индекс**
Fig. 3. Coli index

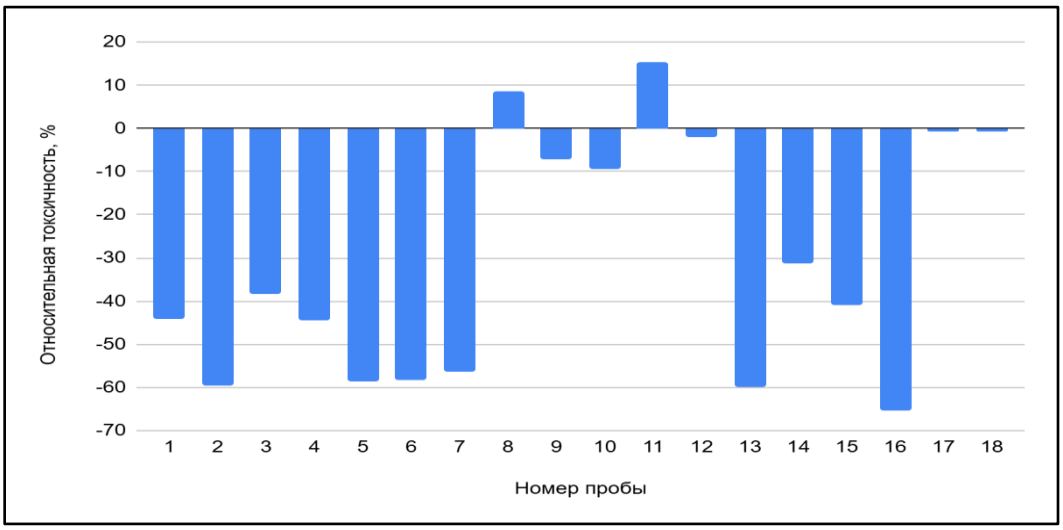


Рис. 4. **Относительная токсичность**
Fig. 4. Relative toxicity

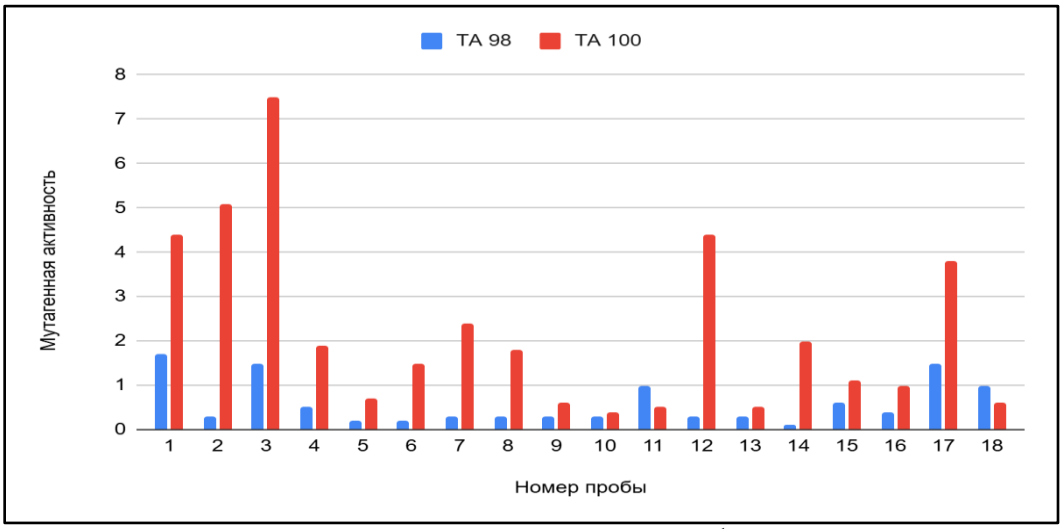


Рис. 5. **Мутагенная активность ксенобиотиков**
Fig. 5. Mutagenic activity of xenobiotics

В тесте Эймса определяли прямую генотоксическую активность проб воды (рис. 5). На штамме ТА 100, регистрирующем мутации типа замены оснований, в семи точках отмечен слабый мутагенный эффект с уровнем мутагенного индекса от 2 до 4,4. На штамме ТА 98, регистрирующем мутации типа сдвига рамки считывания, генотоксической активности не обнаружено. Присутствие только одного типа мутагенов в среде может свидетельствовать о специфичности соединений, присутствующих в выбросах предприятий Липецка.

Заключение

Проведенные исследования показали, что качество вод р. Воронеж в пределах г. Липецка и его пригороде подвергаются антропогенному воздействию. Основными источниками загрязнения являются промышленные предприятия, коммунально-бытовые стоки и отсутствие централизованной канализации [10].

Было выявлено высокое содержание общего микробного числа и содержание колиморфных бактерий в большом числе проб. Это может указывать на поступление неочищенных сточных вод в р. Воронеж и повышать санитарно-эпидемиологический риск. Также было выявлено высокое содержание биогенных веществ, которые стимулировали рост хлореллы до токсического уровня, что свидетельствует об эвтрофировании реки. Слабый мутагенный эффект в тесте Эймса указывает на присутствие генотоксических соединений.

Состояние р. Воронеж в районе г. Липецка можно охарактеризовать как экологически неблагополучное. Наличие бактериального, токсического и генотоксического загрязнения указывает на то, что имеются риски для здоровья населения и функционирования водной экосистемы.

Для улучшения качества вод р. Воронеж необходимо усилить контроль за сбросами промышленных и коммунальных вод, проводить регулярный мониторинг вод реки и развивать системы очистки сточных вод.

Список источников

1. Данилов-Данильян В. И. Водные ресурсы России: состояние, использование, охрана, проблемы управления // Экономика. Налоги. Право. 2019. Т. 12. № 5. С. 18-31. DOI: 10.26794/1999-849X-2019-12-5-18-31. EDN: CEKLRT

2. Клепиков О. В., Маслова М. О., Молоканова Л. В., Калашников Ю. С. Интегральная эколого-гигиеническая оценка водно-рекреационного потенциала Воронежской городской агломерации // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2017. № 1. С. 118-125. EDN: YKOJMZ

3. Методика определения токсичности питьевых, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов производства и потребления по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*chlorella vulgaris beijer*) ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-2004. М.: Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, 2004. 42 с.

4. Методические рекомендации по ускоренному определению коли-индекса воды с помощью систем индикаторных бумажных (СИБ) (утв. Минздравом СССР 17.12.1982 N 2637-82). М.: Минздрав СССР, 1982. 4 с.

5. Каверина Н. В., Прожорина Т. И., Иванова Е. Ю., Клевцова М. А., Куролап С. А., Клепиков О. В., Муравьёв А. Г., Никольская А. Н., Синегубова В. В. Методы экологических исследований: учебное пособие. Воронеж: Научная книга, 2019. 355 с. EDN: ZTDZCW

References

1. Danilov-Danilyan VI. Water resources of Russia: state, utilization, protection, management issues. *Ekonomika. Nalogi. Pravo.* 2019;12(5)18-31. (In Russ). DOI: 10.26794/1999-849X-2019-12-5-18-31. EDN: CEKLRT

2. Klepikov OV, Maslova MO, Molokanova LV, Kalashnikov YuS. Integral ecological and hygienic assessment of the water-recreational potential of the Voronezh urban agglomeration. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology.* 2017(1):118-125. (In Russ). EDN: YKOJMZ

3. Methodology for determining the toxicity of drinking, natural and waste waters, aqueous extracts from soils, sewage sludge and industrial and consumption waste based on changes in the optical density of chlorella algae culture (*Chlorella vulgaris beijer*) PND FT 14.1:2:3:4.10-2004. Moscow: Federal Service for Supervision of Natural Resource Usage, 2004:42. (In Russ)

4. Methodological recommendations for the accelerated determination of the coli index of water using indicator paper systems (IPS) (approved by the USSR Ministry of Health on 17.12.1982 N 2637-82). Moscow: USSR Ministry of Health, 1982:4. (In Russ)

5. Kaverina NV, Prozhorina TI, Ivanova EYu, Klevtsova MA, Kurolap SA, et al. Methods of Environmental Research: tutorial. Voronezh: Nauchnaya Kniga, 2019:355. (In Russ). EDN: ZTDZCW

6. Алешня В. В., Журавлёв П. В., Головина С. В., Киселёв А. И., Артёменко В. Ф., Бията А. И. Оценка качества воды водохранилищ по микробиологическим показателям // Региональные проблемы гигиены окружающей среды и здоровья населения. Научные труды Федерального научного центра гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана. Ростов-на-Дону, 2002. Вып. 7. С. 37-38.

7. Савилов Е. Д., Мамонтова Л. М., Анганова Е. В., Астафьев В. А. Условно-патогенные микроорганизмы в водных экосистемах Восточной Сибири и их роль в оценке качества вод // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2008. Т. 28. № 1. С. 47-51. EDN: JUHNOV

8. Эймс Б. Н., Ли Ф. Д., Дерстон У. Э. Усовершенствованная бактериальная тест-система для обнаружения и классификации мутагенов и канцерогенов // Труды Национальной академии наук. 1973. С. 782-786.

9. Эймс Б. Н. Обнаружение химических мутагенов кишечными бактериями // Химические мутагены: принципы и методы их обнаружения. 1971. Т. 1. С. 267-282.

10. Роуз Дж. Б., Сан Г.-С., Герба С. П., Синклер Н. А. Микробиологическое качество и персистенция кишечных патогенов в серой воде из различных бытовых источников // Водные ресурсы. 1991. Т. 35. С. 37-42.

6. Aleshnya VV, Zhuravlev PV, Golovina SV, Kiselev AI, et al. Assessment of reservoir water quality based on microbiological indicators. *Regional Problems of Environmental Hygiene and Public Health: Scientific Works of the F. F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene*. Rostov-on-Don, 2002(7):37-39. (In Russ)

7. Savilov ED, Mamontova LM, Anganova EV, Astafev VA. Conditionally – pathogenic microorganisms in water objects Eastern Siberia and their role in quality evaluation of waters. *Byulleten Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskih nauk.* 2008;28(1):47-51. (In Russ). EDN: JUHNOV

8. Ames BN, Lee FD, Durston WE. An improved bacterial test system for the detection and classification of mutagens and carcinogens. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1973:782-786. (In Russ)

9. Ames BN. Detection of chemical mutagens by enteric bacteria. *Chemical Mutagens: Principles and Methods of their Detection.* 1971;1:267-282. (In Russ)

10. Rose JB, Sun G-S, Gerba SP, Sinclair NA. Microbiological quality and persistence of enteric pathogens in graywater from various domestic sources. *Water Resources*. 1991;35:37-42. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Кохан Юрий Сергеевич, аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, факультет географии, геоэкологии и туризма, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, kohanris@gmail.com, https://orcid.org/0009-0001-4775-6361

Иванова Екатерина Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, факультет географии, геоэкологии и туризма, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, ivanova.vsu@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-4078-9512

Критерии авторства

Кохан Ю. С. – идея, сбор и обработка материала, анализ данных, написание статьи; Иванова Е. Ю. – идея, написание статьи, научное редактирование текста.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 31.08.2025
Одобрена после рецензирования 24.09.2025
Принята к публикации 08.10.2025

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Yuri S. Kohan, Ph.D. student, Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Faculty of Geography, Geoecology, and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia, kohanris@gmail.com, https://orcid.org/0009-0001-4775-6361

Ekaterina Yu. Ivanova, Ph.D. (Biology), Associate Professor, Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia, ivanova.vsu@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-4078-9512

Contribution of the authors

Kokhan Yu. S. – idea, collection and processing of material, data analysis, writing the paper; Ivanova E. Yu. – idea, writing the paper, scientific text editing.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 31.08.2025
Approved after reviewing 24.09.2025
Accepted for publication 08.10.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 502.4
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-79-88
EDN: XDXMFZ

Некоторые подходы к развитию особо охраняемых природных территорий на землях лесного фонда в Забайкальском крае

©2025Липина Л. Н., Кононов Ю. В.✉
Тихоокеанский государственный университет
Хабаровск, Россия, geo-lipina@rambler.ru, 010889@togudv.ru✉

РЕЗЮМЕ. Цель. В статье рассматриваются актуальные вопросы функционирования особо охраняемых природных территорий (ООПТ), расположенных на землях лесного фонда Забайкальского края. Исследование посвящено анализу современного состояния и характеристик ООПТ региона, занимающих 4,25 % территории края. **Методы.** Исследование включает комплексный анализ территориального распределения ООПТ, их видового состава и природоохранного потенциала. Особое внимание уделяется изучению лесных экосистем края, занимающих 66,7 % территории региона. **Результаты.** Выявлено неравномерное распределение ООПТ по территории края с преобладанием центральных, южных и западных районов, а также критическое несоответствие современного охвата территории природоохранными зонами в 25-30 % для поддержания экологического баланса. **Выводы.** Подчеркивается необходимость усиления контроля за соблюдением природоохранного законодательства, совершенствования нормативно-правовой базы и развития системы экологического просвещения. Предложено создание координационного центра для организации научно-исследовательской, образовательной и эколого-туристической деятельности.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, лесной фонд, Забайкальский край, экологическая безопасность, природоохранное законодательство, экологический мониторинг.

Формат цитирования: Липина Л. Н., Кононов Ю. В. Некоторые подходы к развитию особо охраняемых природных территорий на землях лесного фонда в Забайкальском крае // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 3. С. 79-88. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-79-88. EDN: XDXMFZ

Some Approaches to the Development of Specially Protected Natural Areas on Forest Fund Lands in the Trans-Baikal Territory

©2025Lyubov N. Lipina, Yuri V. Kononov✉
Pacific National University
Khabarovsk, Russia, geo-lipina@rambler.ru, 010889@togudv.ru✉

ABSTRACT. This paper examines current issues related to the functioning of specially protected natural areas located on forest fund lands in the Trans-Baikal Territory. The research analyzes the current state and characteristics of the region's specially protected natural areas, which occupy 4.25 % of the territory. **Methods.** The research includes a comprehensive analysis of the territorial distribution of specially protected natural areas, their species composition and conservation potential. Particular attention is paid to the study of the region's forest ecosystems, which occupy 66.7 % of the territory. **Results.** It is revealed an uneven distribution of specially protected natural areas across the territory, with a predominance of central, southern and western regions. A critical discrepancy between the current coverage of the territory by protected areas (25-

30 %) and the maintenance of ecological balance is also revealed. **Conclusions.** The need for stronger monitoring of compliance with environmental legislation, improvement of the regulatory framework and development of an environmental education system is emphasized. It is proposed to create a coordination center for the organization of scientific research, educational and environmental tourism activities.

Keywords: specially protected natural areas, forest fund, Trans-Baikal Territory, environmental safety, environmental legislation, environmental monitoring.

For citation: Lipina LN, Kononov YuV. Some Approaches to the Development of Specially Protected Natural Areas on Forest Fund Lands in the Trans-Baikal Territory. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(3):79-88. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-79-88. EDN: XDXMFZ

Введение

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) выполняют основополагающую роль в сохранении биологического разнообразия и обеспечения эффективного использования природных ресурсов. Особое значение приобретают ООПТ, расположенные непосредственно в пределах лесного фонда, ввиду их существенного природоохранного потенциала и необходимости разработки специализированных стратегий управления и развития.

Основными проблемами, препятствующими полноценному развитию ООПТ на землях лесного фонда, выступают нехватка финансовых средств, направляемых на осуществление природоохранных мероприятий, сложность достижения согласия между участниками землепользования, потребность в поиске гармоничного сочетания задач охраны природы и хозяйственной деятельности, а также угроза, исходящая от влияния антропогенного фактора.

В Российской Федерации действует сложная иерархия управляющих структур, призванных осуществлять экологическое руководство и поддерживать принципы устойчивого развития на различных уровнях власти. Конкретизация этого процесса содержится в положениях Экологической доктрины, утвержденной в рамках «Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» [1]. Данная стратегия предусматривает последовательное формирование и расширение сети ООПТ федерального, регионального и муниципального уровня на значительном пространстве страны.

Исследование посвящено изучению состояния и характеристик особо охраняемых природных территорий, расположенных в Забайкальском крае.

Материал и методы исследования

Исследование включает комплексный анализ территориального распределения ООПТ, их видового состава и природоохранного потенциала. Особое внимание уделяется изучению лесных экосистем края, занимающих 66,7 % территории региона. Комплексный анализ территории позволил выявить типы и виды лесных экосистем региона, определить их количественное распределение и охват ими площади края. Использование международного опыта (например, системы классификации Международного союза охраны природы – МСОП) обеспечило универсальные подходы к оценке состояния экосистем. Выбор региона обоснован выводами ранее проведенных исследований, подчеркнувшими низкий удельный вес зарегистрированных ООПТ в общем объеме территории Дальневосточного федерального округа из состава земель лесного фонда [2]. Применение комплексной методики позволило учесть географические факторы и функциональное зонирование на примере природного парка «Арей», влияющие на устойчивость природных комплексов.

Результаты и их обсуждение

На сегодняшний день в Забайкальском крае зафиксировано 94 объекта ООПТ разной степени значимости (рис. 1). Из них 8 признаны объектами федерального масштаба, тогда как 86 получили региональный статус. Общий показатель охвата территории края составляет скромные 4,25 %.

Основное направление настоящего исследования заключается в изучении возможности сохранения уникальной природной среды в её первозданном виде в границах указанных ООПТ, локализованных на землях лесного фонда.

Забайкальский край располагает огромными площадями лесных угодий, общая протяжённость которых составляет 32 640,8 тыс. га, что эквивалентно 66,7 % всей территории региона. Участки, входящие в состав ООПТ, включают 342,3 тыс. га лесных пространств.

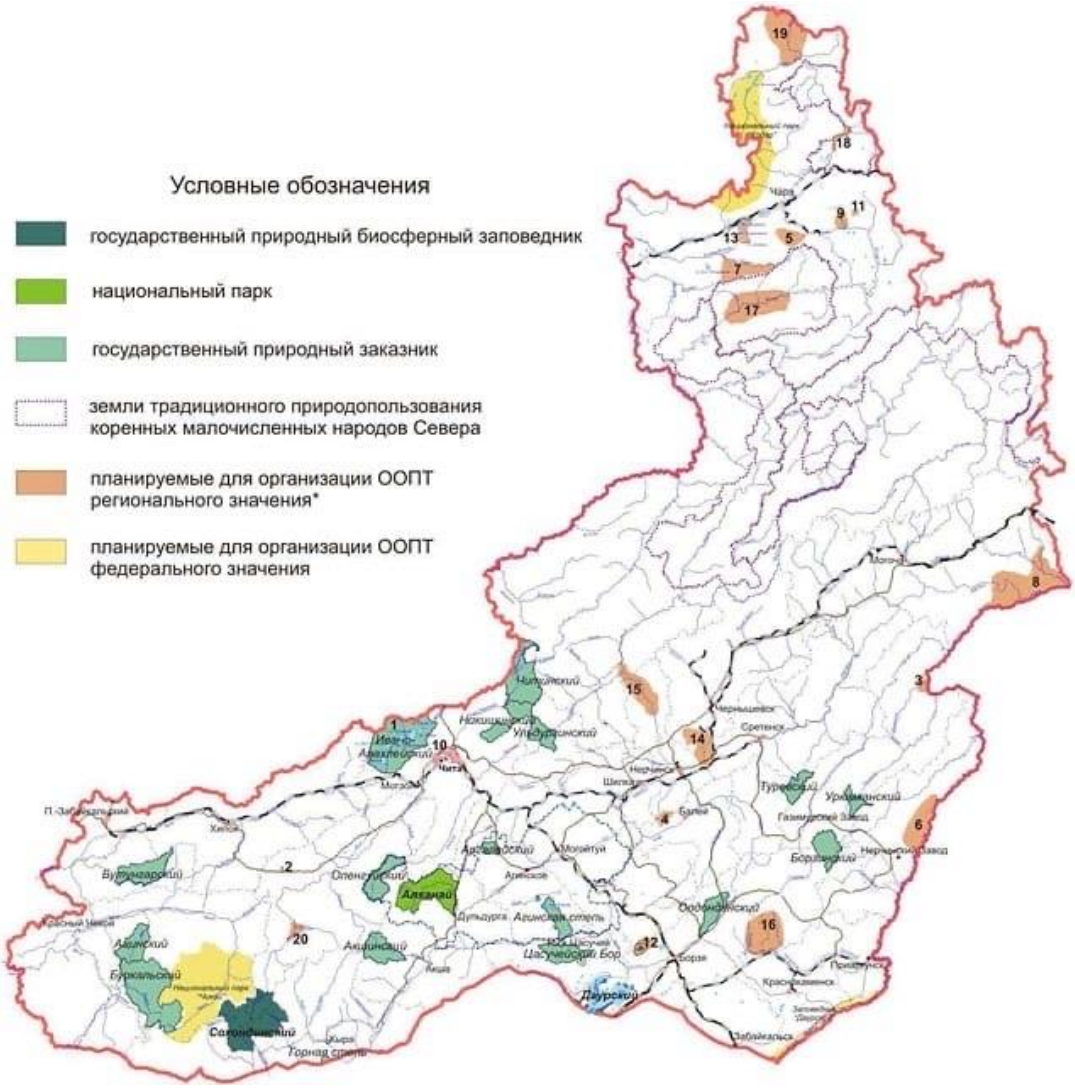


***Рис. 1.* Забайкальский край (карта-схема)**
Fig. 1. Trans-Baikal Territory (schematic map)

Территория края насыщена хвойными породами деревьев, ключевой среди которых выступает лиственница Гмелина. В западной части края отмечены редкие разновидности лиственниц – сибирская и Чекановского. Здесь же расположен участок темнохвойных лесов, образованный кедрами, елями и пихтами, кроме того, встречается сосна обыкновенная. Видовое разнообразие древесных пород ограничивается несколькими основными типами. Флора региона отличается оригинальностью и может быть разделена на несколько характерных климатических зон:

– горно-таёжная зона: южнотаёжные участки отличаются господством травяных, травяно-кустарниковых, сосново-лиственничных и сосновых лесов, а среднетаёжные пространства формируют мшисто-лиственничные леса с участием кустарников, таких как берёза, ерник, ольховник и кедровый стланик;

– лесостепная зона: включает смешанные леса (сосновые, берёзовые и лиственные), а на склонах холмов простираются кустарниковые степи, представляемые такими видами, как ильм крупноплодный, таволга и пятилистник;

– степная зона: характеризуется широкими просторами злаковых растений, а в горностепных областях часто встречается полынь, песчанка волосовидная и прочие подобные растения [3].

Природоохранная деятельность в Забайкальском крае организована через особую структуру, состоящую из двух природных парков («Арей» и «Ивано-Арахлейский»), девятнадцати заказников регионального значения, шестидесяти четырёх

памятников природы и одного учебно-научного стационара.

Природный парк «Арей», расположенный на юго-западе Забайкальского края, занимает площадь 3579,6 га [4]. Территория парка характеризуется наличием живописных горных массивов, озёр и долин рр. Арей и Харанур. Доминирующими лесными сообществами являются лиственничники, различающиеся по составу подлеска: рододендроновые, багульниковые (наиболее сухие), брусничные, бруснично-багульниковые с моховым покровом толщиной до 10 см, бруснично-осоковые, осоковые (распространённые на участках с постоянным или временным переувлажнением).

Согласно представленной функциональной схеме зонирования (рис. 2), территория национального парка разделяется на четыре основные функциональные зоны:

Природоохранная зона. Эта зона предназначена исключительно для охраны уникальных природных комплексов и объектов, поддерживая их естественный вид. Здесь категорически запрещена всякая хозяйственная активность, рекреация и туризм, однако допускаются визиты по особым, заранее обустроенным маршрутам.

Рекреационная зона. Данная зона обеспечивает возможности организованного отдыха в естественной природной среде. Для удобства туристов предусматривается создание инфраструктуры, включающей дорожную сеть, места стоянок автомобилей и объекты туристической индустрии.

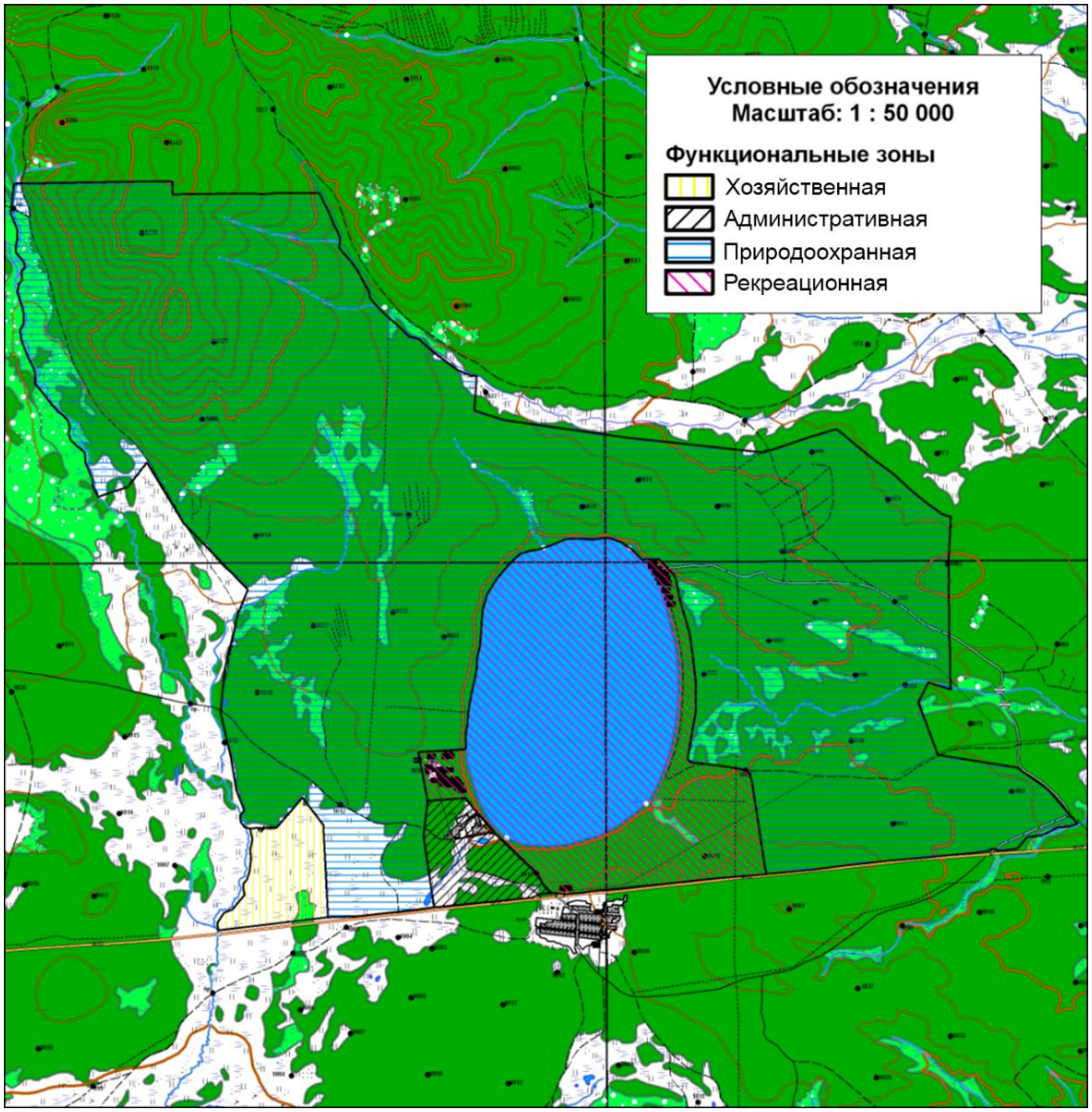


***Рис. 2.* Функциональное зонирование природного парка «Арей»**
Fig. 2. Functional zoning of the Arey Natural Park

Административная зона. Здесь сосредоточены мероприятия, направленные на ознакомление общественности с уникальными объектами природного наследия парка и проведение экологической просветительной работы среди населения. Данная зона функционирует таким образом, чтобы минимизировать антропогенное воздействие на окружающую природу.

Дополнительно выделяются *территории хозяйственного значения*, разрешающие осуществление определенных видов деятельности, не нарушающих основных целей природоохранного режима национальных парков.

На хорошо дренированных почвенных участках наиболее часто встречаются сосновые леса, чаще всего – рододендроновые сосняки с ярко выраженными мохово-лишайниковыми горизонтами. Значительно распространены смешанные хвойно-мелколиственные леса, среди которых выделяют: березово-сосново-лиственничные, березово-лиственнично-сосновые, березово-лиственничные леса, чистые и смешанные березняки с примесью указанных хвойных древесных пород. Парк отличается богатой флорой и фауной, представляя значительную ценность для изучения и сохранения биоразнообразия степных и лесостепных зон региона.

Национальный парк «Ивано-Арахлейский» расположен северо-восточнее Читы и объединяет уникальную озёрно-гольцовую систему, включающую озеро Арахлей и прилегающие горы.

Площадь парка составляет 208 709 га [5]. Лиственничная тайга со смешанным или кустарниковым подлеском, нередко с моховым покровом; сосновые леса; мелколиственные леса, представленные березой и осиной.

Уникальность парка обусловлена наличием большого количества эндемичных видов, редкостью и уязвимостью местных экосистем, что создает необходимость особой заботы о его сохранении.

Оба парка способствуют улучшению качества жизни местного населения и развитию экологического сознания общества.

Следует отметить, что региональные правовые нормы предусматривают существование ряда других типов ООПТ (таких как дендропарки, ботанические сады, микрозаказники, охраняемые водоемы и зелёные зоны), однако на настоящий момент указанные формы ещё не были окончательно сформированы [6].

Российская классификация ООПТ (табл.) коррелируется с общепринятой международной классификацией (предложенной Международным союзом охраны природы – МСОП).

Одним из главных инструментов, разработанных МСОП, является общепринятая международная классификация видов животных и растений по степени угрозы исчезновения. Разработанная система классификации дает возможность определения приоритетов для природоохранных мероприятий и разработке стратегии сохранения редких и исчезающих видов.

Классификация МСОП основана на строгих научных критериях, позволяющих объективно оценить риск исчезновения вида. Эти критерии включают оценку численности популяции, темпов сокращения численности, размера ареала обитания и экологических факторов, что позволяет обеспечить сопоставимость результатов исследований и стандартизацию подходов к сохранению видов.

Покрытие территории Забайкальского края этими категориями далеко от полного соответствия требованиям оптимальной экосистемной репрезентативности.

Территория Забайкальского края насчитывает более 60 памятников природы, представляющих уникальные биологические и ландшафтные особенности региона.

Среди значимых памятников природы выделяются следующие:

– «Байсаниды «Ламский городок»»: лесной покров памятника представлен густыми зарослями кедра и кедрового стланика, формирующих специфический фитоценоз;

– «Быстринский голец»: расположен на высоте 1350-1400 м н. у. м. и представляет собой предгольцовое редколесье с доминированием кедра и кедрового стланика. Верхняя граница лесного покрова формируется кедрачами, простирающимися до отметки 1700-1800 м н. у. м.;

– «Гора Шантой»: вершину гольца покрывает редколесье сосново-кедровой ассоциации с участием можжевельника сибирского (*Juniperus sibirica*), дифазиума

уплощенного (*Diphyscium foliosum*), водяники (*Empetrum nigrum*), плаунов годичного (*Lycopodium annotinum*) и сомнительного (*Lycopodium complanatum*), а также черники (*Vaccinium myrtillus*).

По направлению вниз редколесье постепенно сменяется склоновыми лиственничными лесами с участием кедра и смешанными видами подлеска.

Проведённый анализ показывает, что доминирующий тип растительности составляет широкий спектр лесных формаций, представленных всеми типичными ассоциациями юга Забайкальского края. Выявлены два чётко выраженных высотных лесных пояса:

– нижний светлохвойный пояс: преобладают лиственничные и сосновые леса различной степени чистоты и состава, с примесями берёзы, осины и тополя;

– верхний тёмнохвойный пояс: формируется кедровыми лесами, кедрово-лиственничными сообществами с примесью ели, пихты и берёзы.

Мелколиственные леса нижнего положения склонов отличаются богатым видовым составом и существенным участием степных компонентов в травянистом ярусе, подчёркивая переходные черты между таёжными и степными зонами.

Выявлена определённая диспропорция в распределении ООПТ на территории региона. Так, в частности, режим усиленного контроля и охраны установлен лишь на небольшой доле территории таёжной зоны – всего 6,3 %, из которых лишь треть принадлежит к объектам регионального значения.

Экспертные оценки указывают на критически важный факт: для полноценной поддержки естественного экологического баланса необходимо, чтобы под охраной находились не менее 25-30 % сохранившихся экосистем [7].

Географическое размещение ООПТ носит неравномерный характер. Их наибольшая плотность зафиксирована в центральном, южном и западном направлениях Забайкальского края. Напротив, северные районы остаются слабо охваченными системами охраны природы, здесь большинство из немногих имеющихся ООПТ представлено памятниками природы, предназначенными для защиты отдельно взятых уникальных объектов. Такая ситуация настоятельно диктует необходимость переосмысления текущих стратегий развития сети ООПТ в регионе.

Принимая во внимание современные реалии, стратегическое развитие ООПТ на землях лесного фонда базируется на комплексе ключевых положений.

Наиболее важными элементами данной стратегии являются: функциональное зонирование территории с учётом требований по дифференцированным режимам охраны; организация регулярного экологического мониторинга состояния природных комплексов; активное содействие развитию экологического туризма, соответствующего принципу устойчивого развития; проведение научных изысканий природных объектов; реализация мероприятий по восстановлению наиболее значимых экосистем.

Только комплексный подход позволит эффективно реагировать на современные вызовы и сохранить богатство уникальной территории Забайкальского края для будущих поколений. Представляется актуальным научный подход, трактующий ООПТ как многослойные экосистемные образования, который предполагает всестороннее изучение территории с учётом всех его сторон, аспектов и взаимосвязей, влияющие на дальнейшее развитие соответствующих областей. При этом важно учитывать потенциальные риски такого подхода, который связан с увеличением антропогенной нагрузки на охраняемые территории и окружающее пространство, что может отрицательно отразиться на ситуации с геоэкологической ситуацией региона. Ключевые риски: механическое разрушение растительного покрова и деградация почв; нарушение естественного состояния экосистем и ландшафтов; накопление отходов потребления и др.

Исходя из изложенного, целесообразным представляется привлечение актуального геоэкологического подхода, который рассматривает ООПТ сквозь призму взаимосвязи социально-экономических процессов и природной среды, подчёркивая их особое значение в современной цивилизации. Иными словами, предполагается воспринимать ООПТ как источник природного богатства и объект взаимодействий между человеком и природой.

***Таблица.* Соответствие российских особо охраняемых природных территорий принятой международной классификации (по Международному союзу охраны природы) и их наличие на территории Забайкальского края**

Table. Conformity of Russian specially protected natural areas to the accepted international classification (according to the International Union for Conservation of Nature) and their presence in the Trans-Baikal Territory

Категория Международного союза охраны природы IUCN Category	**Выполняемые задачи по определению Международного союза охраны природы (в порядке убывания приоритетности)** Tasks performed as defined by the IUCN (in descending order of priority)	**Соответствующие категории российских особо охраняемых природных территорий** Corresponding categories of Russian specially protected natural areas	**Наличие на территории Забайкальского края** Presence in the Trans-Baikal Territory
Ia. Строгий природный резерват	Сохранение биоразнообразия, научные исследования, защита нетронутых территорий	Природные заповедники	Даурский и Сохондинский биосферные заповедники (тер. ядра)
Iв. Участок с нетронутой природой	Защита нетронутых территорий, сохранение биоразнообразии, научные исследования, устойчивое использование ресурсов экосистем	Биосферные природные заповедники, некоторые заказники	Даурский и Сохондинский биосферные заповедники
II. Национальный парк	Сохранение биоразнообразии, охрана экосистем и достопримечательностей, туризм и рекреация, научные исследования, устойчивое использование ресурсов экосистем, экологическое образование	Национальные парки	Национальный парк «Алханай»
III. Памятник природы	Охрана природных достопримечательностей, туризм и рекреация, охрана биоразнообразия, защита нетронутых территорий, научные исследования, экологическое. образование, устойчивое использование ресурсов экосистем	Памятник природы	Более 60
IV. Управляемый природный резерват	Сохранение местообитаний и видов через активное управление, устойчивое использование ресурсов экосистем, научные исследования и охрана достопримечательностей, рекреация	Заказники	14 зоологических и комплексных заказников
V. Охраняемые ландшафты	Охрана ландшафтов и отдых, туризм и рекреация, поддержание культурных традиций и обычаев, охрана биоразнообразия и экосистем, научные исследования и экологическое просвещение	Природные парки, некоторые ландшафтные заказники	Арей, Ивано-Арахлейский ландшафтный заказник
VI. Управляемый ресурсный резерват	Щадящее использование экосистем, природных ресурсов, охрана производных природных экосистем	Лечебно-оздоровительные местности и курорты	Порядка 10

Закрепление тесной связи между сетью ООПТ и лесного фонда, осуществляемое как лесным, так и природоохранным законодательством, создает основу для формирования экологического сознания граждан.

Экологическое сознание отражает способность индивидуумов осознавать личную ответственность за состояние окружающей среды. Оно интегрирует научные знания о мире и морально-нравственный взгляд на природу, присущие человеку разумному.

Федеральный закон, в частности статья 8 Лесного кодекса, определяет, что лесные участки лесного фонда находятся в ведении государства, хотя конкретные участки могут принадлежать отдельным категориям ООПТ [8]. Таким образом, земли ООПТ признаются общим национальным достоянием, находящимся в федеральной

собственности, собственности субъектов Российской Федерации или муниципальном владении. Эти территории служат местом расположения природных комплексов и объектов, имеющих важное природоохранное, культурное, научное, рекреационное и иное общественное значение. Участки лесного фонда, попадающие в категорию ООПТ, традиционно состоят из защитных лесов, эксплуатация которых существенно ограничена положениями статей 14 и 119 Лесного кодекса Российской Федерации. Специальный режим использования, охраны, защиты и восстановления установлен именно для таких территорий [9; 10]. Таким образом, специфика правового положения земель, одновременно являющихся ООПТ и частью лесного фонда, определяется особенностями лесного и природоохранного законодательства.

Потенциальные пути развития ООПТ включают модернизацию нормативных актов, расширение образовательных инициатив в сфере экологии, внедрение новейших методов охраны природы и активное участие в международном сотрудничестве.

Заключение

Повышение эффективности функционирования сети ООПТ, расположенных на землях лесного фонда, обусловлено проведением глубокого анализа и интегрирования экологических, социальных и экономических составляющих. Устойчивость и сохранность уникальных природных комплексов возможна лишь при условии профессиональной управленческой деятельности и коллективных усилий со стороны государственных учреждений, научных организаций и представителей местной общины.

Продуктивное развитие ООПТ на землях лесного фонда является весомым вкладом в дело охраны природного наследия и укрепления экологической безопасности государства. Оно помогает сохранять биологическое разнообразие, стабилизирует экологический баланс и содействует переходу регионов к модели устойчивого развития.

Осуществление программы развития ООПТ с применением современных научных подходов в Забайкальском крае признано первоочередной задачей, необходимой для успешного решения проблем в сферах общественной жизни, экономики и охраны природы.

Основой такой программы должен стать инновационный механизм, нацеленный на интеграцию экологической составляющей в процесс природопользования [11].

Одним из важных компонентов подобной программы станет учреждение координационного центра, объединяющего научную, образовательную, экотуристическую и информационно-аналитическую деятельность в сфере охраны природы.

Высокая значимость особо охраняемых природных территорий Забайкальского края на землях лесного фонда повышает ответственность за сохранение ценности лесных экосистем. Требуются меры усиления контроля соблюдения природоохранного законодательства и внедрения действенных инструментов менеджмента, предотвращающих негативное воздействие на природные комплексы.

Список источников

1. О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года: Указ Президента РФ от 19 апреля 2017 г. № 176 // Информационно-правовой портал Гарант.Ру. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71559074/ (дата обращения: 06.10.2025).

2. Липина Л. Н., Румянцева Е. Д. Повышение эффективности мониторинга особо охраняемых природных территорий и объектов на землях лесного фонда Дальневосточного федерального округа // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплекса: материалы национальной

References

1. On the Strategy for Environmental Security of the Russian Federation through 2025: Decree of the President of the Russian Federation dated April 19, 2017 No. 176. Garant.Ru Information and Legal Portal. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71559074/ (accessed 06.10.2025). (In Russ)

2. Lipina LN, Rumyantseva ED. Improving the efficiency of monitoring specially protected natural areas and objects on forest fund lands of the Far Eastern Federal District. *Far East: Development Issues of the Architectural, Construction and Road*

научно-практической конференции. Хабаровск, 2019. № 19. С. 328-332.

3. Официальный сайт особо охраняемых природных территорий Забайкальского края. URL: http://zabaikaloopt.ru/gku-direkciya-oopt-zabajkalskogo/karty-oopt/ (дата обращения 06.10.2025).

4. Об образовании природного парка «Арей»: Постановление Правительства Забайкальского края от 24 мая 2013 года № 207 (с изменениями на 6 августа 2024 года) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: https://docs.cntd.ru/document/922231145 (дата обращения: 06.10.2025).

5. Об образовании природного парка «Иано-Арахлейский: Постановление Правительства Забайкальского края от 09 декабря 2014 года № 673 (с изменениями на 9 августа 2024 года). URL: https://docs.cntd.ru/document/423979422 (дата обращения: 06.10.2025).

6. Об особо охраняемых территориях. URL: http://oopt.aari.ru/ (дата обращения 09.09.2025).

7. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 31.07.2025) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2025) // Справочная правовая система КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (дата обращения: 06.10.2025).

8. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 26.12.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2025) // Справочная правовая система КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения: 06.10.2025).

9. Об особо охраняемых природных территориях в Забайкальском крае: закон Забайкальского края от 9 марта 2010 г. № 338-ЗЗК (с изменениями и дополнениями) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: https://docs.cntd.ru/document/922221196 (дата обращения: 06.10.2025).

10. Вдовенко А. В., Липина Л. Н. Совершенствование механизмов управления землями особо охраняемых природных территорий Хабаровского края. Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2021. 116 с.

11. Усиков В. И., Липина Л. Н. Оценка геоэкологической ситуации в районе малого Хингана по данным дистанционного зондирования земной поверхности // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2018. № 2. С. 154-160. DOI: 10.15372/FTPRPI20180217. EDN: UQCZJQ

Transport Complex: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference. Khabarovsk, 2019(19):328-332. (In Russ)

3. Official website of specially protected natural areas in the Trans-Baikal Territory. URL: http://zabaikaloopt.ru/gku-direkciya-oopt-zabajkalskogo/karty-oopt/ (accessed 06.10.2025). (In Russ)

4. On the establishment of the Arey Nature Park: Resolution of the Government of the Trans-Baikal Territory dated May 24, 2013 No. 207 (as amended on August 6, 2024). *Electronic Fund of Legal and Regulatory Documents*. URL: https://docs.cntd.ru/document/922231145 (accessed 06.10.2025). (In Russ)

5. On the establishment of the Ivano-Arakhleysky Nature Park: Resolution of the Government of the Trans-Baikal Territory dated December 9, 2014, No. 673 (as amended on August 9, 2024). URL: https://docs.cntd.ru/document/423979422 (accessed 06.10.2025). (In Russ)

6. On specially protected areas. URL: http://oopt.aari.ru/ (accessed 09.09.2025). (In Russ)

7. Land Code of the Russian Federation dated 25.10.2001, No. 136-FZ (as amended on July 31, 2025) (as amended and supplemented, entered into force on 01.09.2025). *Consultant Plus Reference Legal System.* URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (accessed 06.10.2025). (In Russ)

8. Forest Code of the Russian Federation dated 04.12.2006 N 200-FZ (as amended on 26.12.2024) (as amended and supplemented, entered into force on 01.09.2025. *Consultant Plus Reference Legal System.* URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (accessed 06.10.2025). (In Russ)

9. On specially protected natural areas in the Trans-Baikal Territory: Law of the Trans-Baikal Territory dated March 9, 2010 N 338-ZZK (as amended and supplemented). *Electronic Fund of Legal and Regulatory-Technical Documents*. URL: https://docs.cntd.ru/document/922221196 (accessed 06.10.2025). (In Russ)

10. Vdovenko AV, Lipina LN. Improving land management mechanisms in specially protected natural areas of the Khabarovsk Territory. Khabarovsk: Pacific National University, 2021:116.

11. Usikov VI, Lipina LN. Geoecological assessment of the Malyi Khingan Ridge area using land surface remote sensing data. *Journal of Mining Science.* 2018(2):154-160. (In Russ). DOI: 10.15372/FTPRPI20180217. EDN: UQCZJQ

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации

Липина Любовь Николаевна, кандидат технических наук, доцент высшей школы транспортного строительства, геодезии и землеустройства, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия, geo-lipina@rambler.ru, https://orcid.org/0000-0003-0725-5017

Кононов Юрий Владимирович, старший преподаватель высшей школы транспортного строительства, геодезии и землеустройства, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия, 006863@togudv.ru, https://orcid.org/0009-0000-4960-4647

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Affiliations

Lyubov N. Lipina, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Higher School of Transport Construction, Geodesy and Land Management, Pacific National Univer- sity, Khabarovsk, Russia, geo-lipina@rambler.ru, https://orcid.org/0000-0003-0725-5017

Yuri V. Kononov, Senior Lecturer, Higher School of Transport Construction, Geodesy and Land Management, Pacific State University, Khabarovsk, Russia, 006863@togudv.ru, https://orcid.org/0009-0000-4960-4647

Критерии авторства

Все 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 11.10.2025
Одобрена после рецензирования 14.10.2025
Принята к публикации 20.10.2025

The article was submitted 11.10.2025
Approved after reviewing 14.10.2025
Accepted for publication 20.10.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 502.743
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-89-107
EDN: ZFJOOD

Мониторинг численности диких копытных животных Ставропольского края

©2025Харин К. В.✉, Важенский В. Р.
Северо-Кавказский федеральный университет
Ставрополь, Россия, k-harin79@mail.ru✉, vadim-vazhenskiy@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Показатели численности видов животных отличаются динамичностью в пространстве и во времени, что отражается в изменении структуры популяций и их роли в биоценозе. По мнению А. А. Данилкина и ряда других исследователей животного населения существуют разные взгляды на вопрос объяснения причин, факторов и всевозможных механизмов, влияющих на динамику численности животных. Среди большинства факторов конечно следует отметить особую роль климатических, биотических и антропогенных. Однако нельзя не отметить, что не представляется возможным выделить роль одного ведущего фактора, т. к. они все взаимосвязаны между собой. **Цель** исследования – рассмотреть изменение количественных показателей динамики численности диких копытных животных на территории Ставропольского края. **Методы.** В основу расчетов плотности и анализа динамики численности, рассматриваемой группы животных за десятилетний период легли данные государственного охотхозяйственного реестра. Проведено картирование распределения данной группы животных по муниципальным округам Ставропольского края и его отдельных региональных особо охраняемых природных территорий. **Результаты.** Основными видами изучаемой группы животного населения края являются: сибирская косуля (*Capreolus pygargus Pall., 1771*), кабан или дикая свинья (*Sus scrofa*), пятнистый олень (*Cervus nippon* Temminck, 1838) и благородный олень (*Cervus elaphus*). В ходе проведенного исследования выявлены основные ареалы распространения и места сосредоточения изучаемой группы животных. Основными местами обитания на территории Ставрополья диких копытных животных являются участки имеющейся сети особо охраняемых территорий и охотничьих угодий с благоприятными для их проживания средами обитания. Анализ данных плотности видов группы диких копытных животных показывает нам, что они лишь в единичных случаях соответствуют установленным на региональном законодательном уровне показателям хозяйственно-целесообразной численности. **Выводы.** Анализ численности видов диких копытных животных на Ставрополье показал, что распределение видов в структуре животного населения края неравномерное. Так, по данным охотхозяйственного реестра, наибольшая численность характерна для косули сибирской (1659 особей), затем по степени убывания идут кабан (368 особей), олень пятнистый (324 особи) и олень благородный (93 особи). Численность особей диких копытных, по сравнению с другими группами охотничьей фауны Ставрополья, остаётся одной из самой небольших, испытывая при этом колебания численности по годам. В настоящее время полученные данные являются наибольшими за последние 5 лет, за исключением показателя численности благородного оленя.

Ключевые слова: мониторинг, дикие копытные животные, динамика численности, плотность популяции, биоразнообразие.

Формат цитирования: Харин К. В., Важенский В. Р. Мониторинг численности диких копытных животных Ставропольского края // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 3. С. 89-107. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-89-107. EDN: ZFJOOD

Monitoring the Population of Wild Ungulates in the Stavropol Territory

Konstantin V. Kharin✉, Vadim R. Vazhensky
©2025North-Caucasus Federal University
Stavropol, Russia, k-harin79@mail.ru✉, vadim-vazhenskiy@mail.ru

ABSTRACT. Animal species populations vary dynamically both spatially and temporally, which is reflected in changes in population structure and their role in the biocenosis. According to A. A. Danilkin and several other animal population researchers, there are different views on the causes, factors and various mechanisms influencing animal population dynamics. Among the many factors, climatic, biotic and anthropogenic factors play a special role. However, it is impossible to isolate the role of a single leading factor, as they are all interconnected. The **aim** of the research was to examine changes in the quantitative population dynamics of wild ungulates in the Stavropol Territory. **Methods**. Data from the state hunting register formed the basis for density calculations and population dynamics analysis for this animals group over a ten-year period. The distribution of the animals group was mapped across municipal districts in the Stavropol Territory and its individual regional specially protected natural areas. **Results.** The main species of the studied animals group in the region are: Siberian roe deer (*Capreolus pygargus Pall., 1771*), wild boar (*Sus scrofa*), sika deer (*Cervus nippon Temminck, 1838*) and red deer (*Cervus elaphus*). The research identified main distribution areas and concentrations of the studied animals group. The main habitats of wild ungulates in the Stavropol Territory are areas within the existing network of specially protected areas and hunting grounds with favorable habitats. Analysis of the density data for wild ungulate species shows that only in isolated cases do they meet the indicators of economically viable numbers established at the regional legislative level. **Conclusions.** Analysis of the wild ungulate species abundance in the Stavropol Territory showed that the distribution of species within the structure of the region's animal population is uneven. According to the hunting registry, the largest population is Siberian roe deer (1,659 individuals), followed in descending order by wild boar (368 individuals), sika deer (324 individuals) and red deer (93 individuals). The number of wild ungulates, compared to other game fauna groups in the Stavropol Territory, remains one of the smallest, although it fluctuates year after year. Currently, the data obtained are the highest in the past five years, with the exception of red deer.

Keywords: monitoring, wild ungulates, population dynamics, population density, biodiversity.

For citation: Kharin KV, Vazhensky VR. Monitoring the Population of Wild Ungulates in the Stavropol Territory. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(3):89-107. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-89-107. EDN: ZFJOOD

Введение

Одним из основных показателей, оказывающих непосредственное влияние на структуру популяции животного населения биоценозов, является численность вида. Именно его количественные характеристики предопределяют пространственно-временную структуру популяции, поэтому при изучении вопроса роли животных в структуре населения отдельных территорий важно уделять особое внимание количественным учетом изучаемых видов животных.

По мнению А. А. Данилкина [1; 2] и ряда других исследователей, животного населения существуют разные взгляды на вопрос объяснения причин, факторов и всевозможных механизмов, влияющих на динамику численности популяций животных. Среди большинства факторов следует отметить особую роль климатических, биотических и антропогенных. Однако нельзя не отметить, что, как правило, не представляется возможным выделить роль одного ведущего фактора, т. к. они все взаимосвязаны между собой.

Неотъемлемой частью экосистем Ставропольского края, даже несмотря на высокую степень преобразованной территории, являются дикие копытные животные, некогда занимающие огромные пространства и подверженные впоследствии истреблению. В настоящее время наблюдается рост численности и восстановление ареалов их распространения.

Материал и методы исследования

Для анализа динамики численности группы диких копытных животных были использованы данные государственного охотхозяйственного реестра за период с 2015 по 2024 г. На основе этих данных была рассчитана плотность. Кроме этого был использован системный подход и ландшафтно-экологический анализ, применены описательный, сравнительный, геоинформационный и статистические методы, а также использовались фондовые и литературные материалы.

Пространственный анализ и комбинированное представление в виде картограмм и картодиаграмм данных государственного реестра охотхозяйственного за период с 2015 по 2024 г. был выполнен с использованием таких методов группировки, как [3]:

– метод естественных интервалов (отмечают естественные скачки в значениях показателей, удобен для неравномерно распределенных данных);

– метод равных интервалов (каждый класс содержит одинаковый диапазон).

При этом статистический метод, а именно метод расчета плотности видов на основе данных площадей муниципальных образований и особо охраняемых территорий, полученных с Национальной системы пространственных данных, Перечня особо охраняемых природных территорий краевого значения в Ставропольском крае по состоянию на 1 января 2025 г. и государственного охотхозяйственного реестра за 2015-2024 гг., был основой заполнения атрибутивных таблиц слоев и дальнейшего пространственного анализа.

Результаты и их обсуждение

Дикие копытные животные Ставрополья представлены четырьмя основными видами: сибирская косуля (*Capreolus pygargus Pall., 1771*), кабан или дикая свинья (*Sus scrofa*), пятнистый олень (*Cervus nippon* Temminck, 1838) и благородный олень (*Cervus elaphus*). Их местные популяции в основном ограничены лесостепными и предгорными природными ландшафтами, где сохранились относительно большие естественные лесные участки [4].

Косуля – это относительно немногочисленный вид на территории края. В прошлом косули были широко распространены по всему региону, однако изменения в природной среде и охота на них привели к практически полному истреблению в начале прошлого столетия. Косули относятся к отряду Парнокопытные – Artyodactyla, Семейству Оленей – Cervidae, Роду Косули – *Capreolus*. Данный род включает в себя два вида: европейскую (*C. capreolus* L.) и сибирскую (*C. pygargus* Pall.) косуль. Ареал европейской косули практически сплошной, у сибирской – носит очаговый характер, что обусловлено неоднородностью ландшафтов и сочетанием неблагоприятных факторов среды [5].

В середине 50-х гг. в широколиственные леса (в урочище «Темный лес») Ставропольского края были завезены 15 сибирских косуль, из которых лишь две были взрослыми, а остальные – в возрасте 7-8 месяцев. Через десятилетие численность этих животных здесь достигла 200 голов. Близость лесов республик Северного Кавказа также способствовала проникновению на территорию края европейской косули.

Проведенные генетические исследования шерсти косуль, взятой у особей, обитающих на разных территориях края, показала их принадлежность к сибирской расе, что дает возможность говорить о нахождении на территории Ставрополья сибирского вида косуль [6].

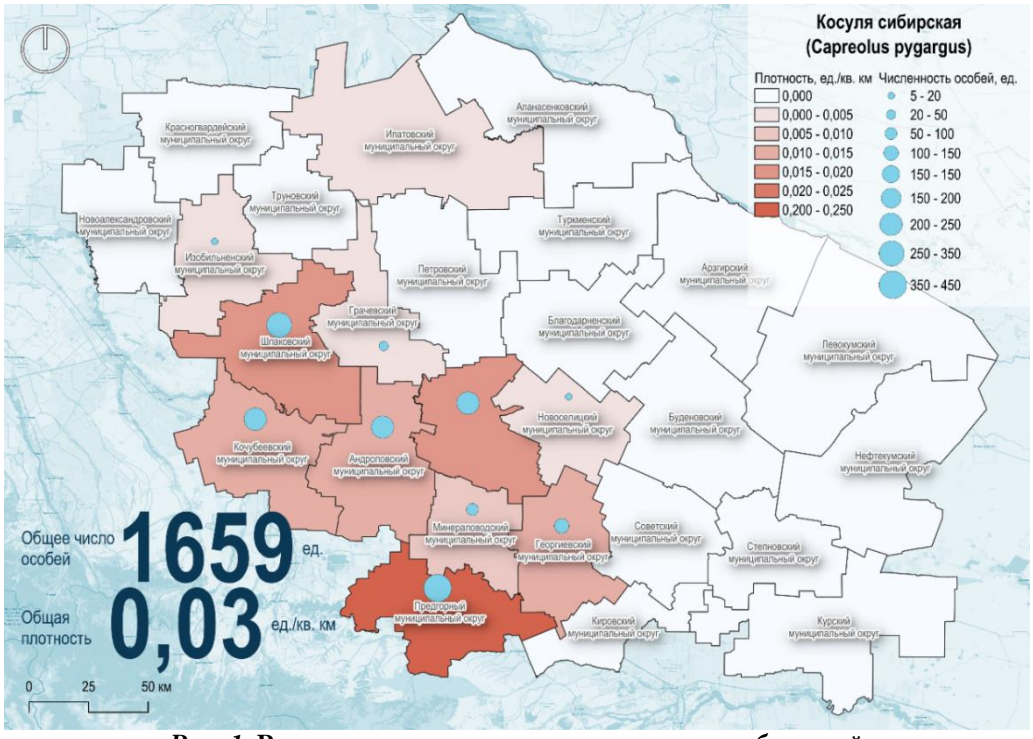


Рис. 1. **Распределение и плотность косули сибирской по муниципальным округам Ставропольского края**

Fig. 1. Distribution and density of Siberian roe deer in the municipal districts of the Stavropol Territory

Достаточно благоприятные условия для существования данного вида, особенно широко распространённая сеть лесных полос, а также отсутствие большого количества хищников способствовали дальнейшему увеличению численности и расширению ареала данного вида копытных животных. В качестве положительного фактора также можно отметить невысокий уровень браконьерства. Основными ареалами обитания данного вида стали участки особо охраняемых природных территорий (ООПТ) края. Также среди мест постоянного проживания выступают организованные в крае охотничьи угодья. Неравномерность распределения и невысокая плотность данного вида отражена на рисунке 1.

Благородный олень (*Cervus elaphus* L. 1758) – представитель семейства оленьих отряда парнокопытных. Он является одним из самых крупных представителей данного рода. Для него характерно наличие ветвистых рогов, большие овальные уши и короткий хвост. У самок рогов нет. Вид представлен несколькими подвидами: кавказский, европейский, марал и др.

В настоящее время на территории края обитает кавказский подвид, который свободно смог переместиться из сопредельных территорий Карачаево-Черкесской Республики. В заказники Предгорного и Ипатовского муниципальных округов были завезены маралы, однако контрастирование данного подвида с кавказским ограничено.

Отмечается также обитание представителей данного вида животных на территории охраняемых природных территорий Нефтекумского городского округа, а также на участках пойменных лесов рр. Терек, Куры и Подкумки на землях Курского муниципального и Кировского городского округов соответственно. Наглядно распространение благородного оленя отражено на рисунке 2.

В настоящее время марал постоянно обитает в пределах трех региональных заказников региона: «Сафонова дача», «Бугунтинский» и «Лесная дача». Это стало возможным благодаря деятельности регионального министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды и её подведомственной структуры – дирекции особо охраняемых природных территорий.

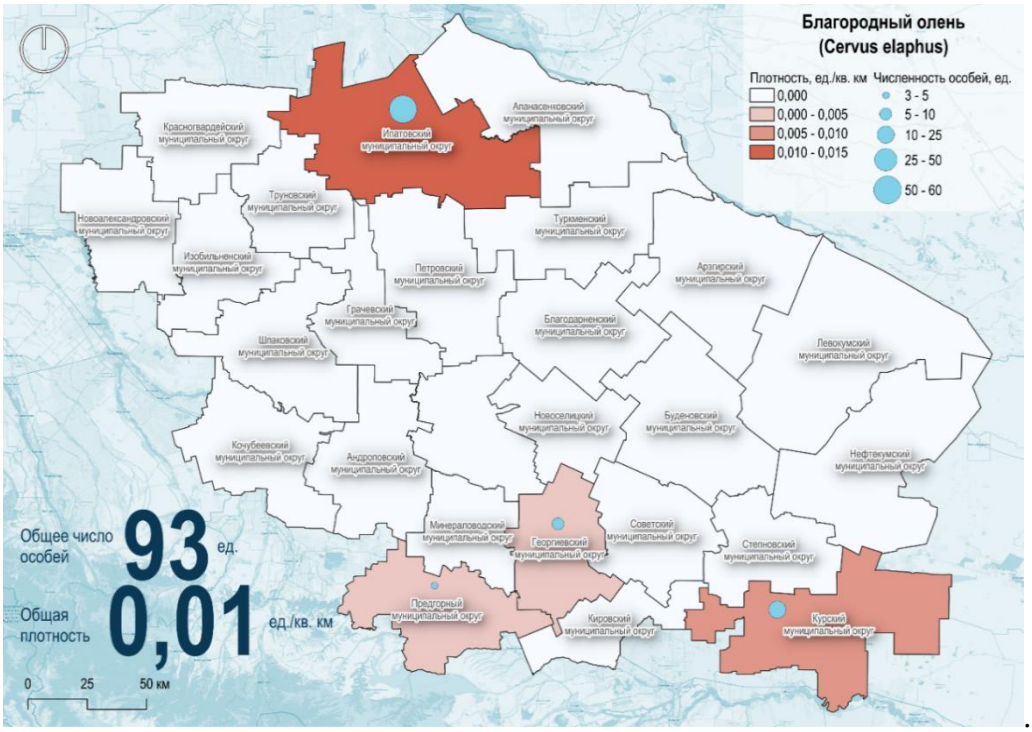


Рис. 2. **Распределение и плотность благородного оленя по муниципальным округам Ставропольского края**

Fig.2. Distribution and density of red deer in the municipal districts of the Stavropol Territory

Новые выпуски благородного оленя в природную среду в ближайшее время проводить не планируется, так как в выдаче разрешения на подобные мероприятия Федеральная служба по надзору в сфере природопользования отказала ввиду того, что расселение в пределах былого ареала кавказского подвида благородного оленя допустимо производить только исключительно животными, соответствующими по таксономии данному аборигенному подвиду. Поскольку в вольерном комплексе ГКУ «Дирекция особо охраняемых природных территорий Ставропольского края» содержатся благородные олени другого подвида, их дальнейшее расселение невозможно. Кавказский подвид благородного оленя в неволе не разводят, соответственно, отсутствует подходящее поголовье для дальнейшей реинтродукции. В то же время, перспективы уже созданных локальных группировок благородного оленя сложно оценить, поскольку идет речь о небольших территориально изолированных друг от друга группах животных численностью от двух до четырех десятков особей.

Пятнистый олень (*C. nippon*) относится к отряду парнокопытных жвачных и к роду настоящих оленей – *Cervus* L. Данный вид оленей отличается менее сложным строением рогов и сохранением пятнистой окраски шерсти на протяжении всей жизни.

На Ставрополье данный вид по своей численности превосходит благородного оленя, однако остаётся немногочисленным интродуцированным видом, завезенным с Дальнего Востока. Часть особей обитает на территории заказников «Русский лес» и «Стрижамент» в результате их размещения в вольерах и последующего выпуска из них.

Наибольшее количество особей данного вида копытных сосредоточено на территории заказника «Александровский». Ввиду достаточно высокой численности, возможно он расселится и в прилегающих к заказнику территориях охотничьих угодий.

Также была проведена работа по заселению пятнистого оленя на территории заказника «Гора Брык», что дало возможность их заселения и в прилегающих к нему охотничьих угодьях. Так, весной 2024 г. отмечено обитание пятнистого оленя в двух охотхозяйствах на территории Андроповского муниципального округа и в закрепленном охотугодье на территории Предгорного муниципального округа (рис. 3).

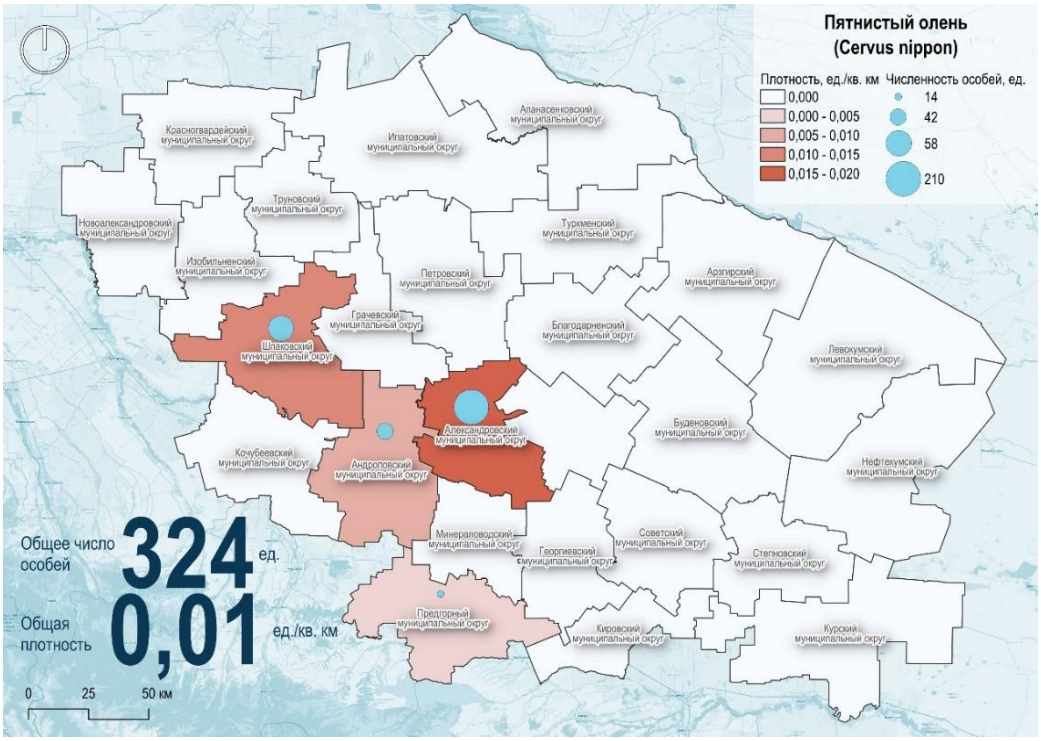


Рис. 3. **Распределение и плотность пятнистого оленя по муниципальным округам Ставропольского края**
Fig. 3. Distribution and density of spotted deer in the municipal districts of the Stavropol Territory

Как и в вышеописанной ситуации с благородным оленем, дальнейшее расселение пятнистого оленя на территории Ставропольского края Федеральной службой по надзору в сфере природопользования не согласовано, так как данный вид является интродуцентом, исторически не населявшим территорию региона. В то же время, уже порядка трех десятилетий пятнистый олень обитает на территории региона в состоянии естественной свободы.

В условиях масштабной распашки целинных степей, раскорчевки и вырубки значительной части естественных лесных массивов природная среда региона была глобально изменена и трансформирована. В современных условиях с высокой степенью антропогенного воздействия на среду перспективы положительной динамики популяции пятнистого оленя гораздо выше, чем перспективы популяции оленя благородного, представленной в настоящее время несколькими малочисленными и территориально разрозненными группами животных.

Однако очень желательные выпуски дополнительных партий оленя пятнистого в уже сформировавшиеся, но пока малочисленные новые группировки этого вида на территории ООПТ «Русский лес» (Шпаковский муниципальный округ) и «Брык» (Андроповский муниципальный округ) по вышеуказанным причинам правового характера в настоящее время невозможны.

Кабан или дикая свинья (*Sus scrofa*) – является обычным, но немногочисленным видом для территории Ставрополья. В прошлом основным его местом обитания была долина р. Кумы от с. Величаевского и далее вниз по течению реки. Часто на территорию Ставрополья заходят представители этого вида из пограничной территории Карачаево-Черкесской республики. Около половины популяции обитает на территории Предгорного муниципального округа [7].

В настоящее время основными местами обитания кабана являются участки особо охраняемых территорий, а именно – их лесные земли на территории Шпаковского, Минераловодского, Предгорного, Георгиевского и Александровского муниципалитетов. Усилиями специалистов и качественными биотехническими мероприятиями плотность популяции кабана на этих территориях была увеличена до 15 и более особей на гектар, тогда как в других территориях края это значение не превышает и нескольких особей. Наглядно сложившаяся ситуация отражена на рисунке 4.

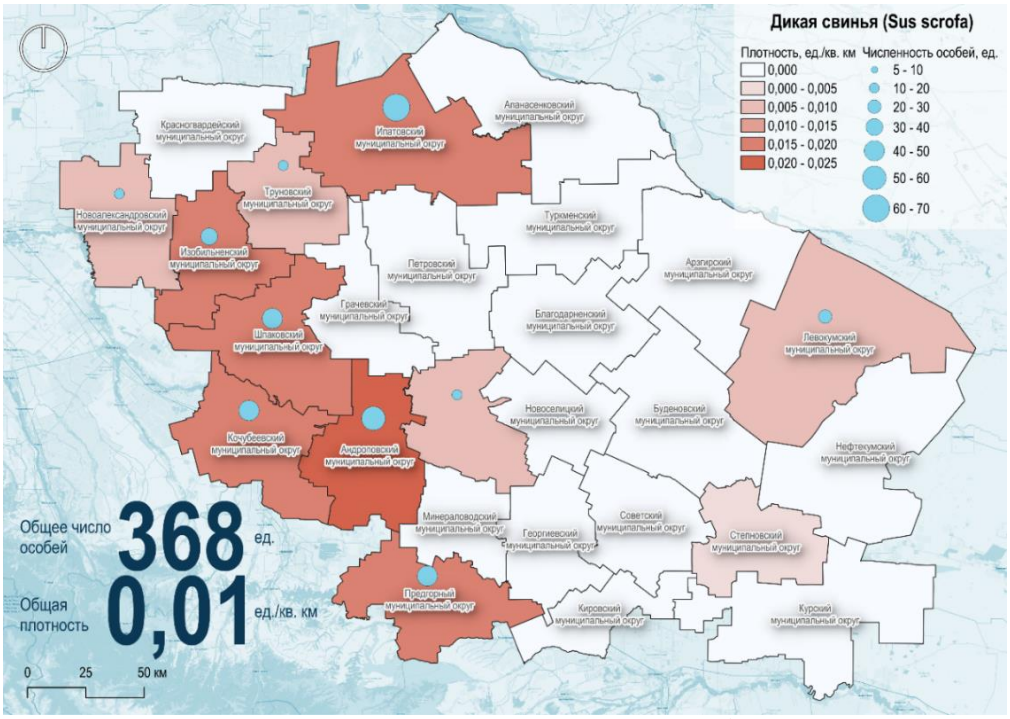


Рис. 4. **Распределение и плотность кабана по муниципальным округам Ставропольского края**

Fig. 4. Distribution and density of wild boar in the municipal districts of the Stavropol Territory

Немаловажным фактором, повлиявшим на современное состояние популяции кабана на Ставрополье, стало распространение по территории края высококонтагиозной вирусной болезни домашних и диких свиней, которая протекает в виде эпизоотии [8]. В связи с этим на территории региона была проведена полномасштабная работа по регулированию данной эпизоотии, что и повиляло на резкое снижение численности данного вида в пределах региона.

В настоящее время охотничье хозяйство представляет собой организационно-хозяйственную систему, направленную на рациональное использование природных ресурсов и обеспечение добычи охотничьих животных, отнесенных к охотничьим ресурсам [9].

Согласно данным мониторинга диких копытных животных, на 01.04.2024 г. численность данного вида ресурсов распределилась следующим образом: косуля сибирская – 1659 особей; олень пятнистый – 324 особи; олень благородный – 93 особи, кабан – 368 особей.

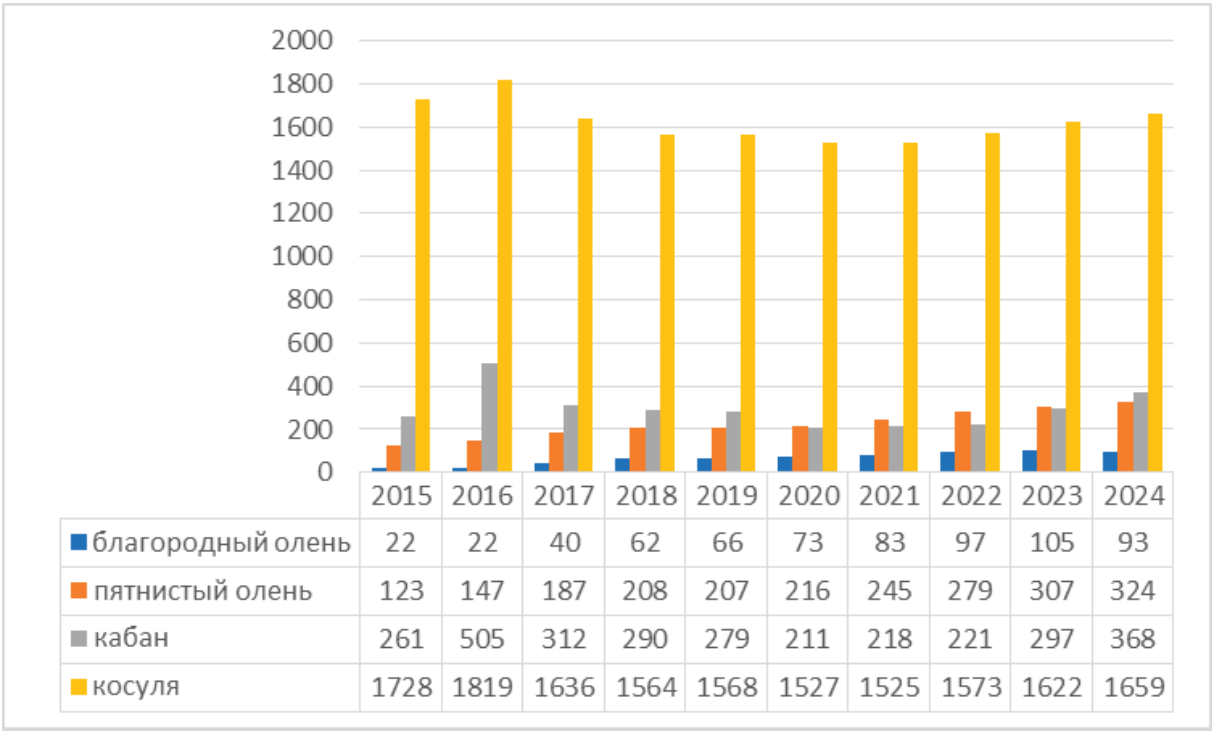
Динамику численности вышеуказанных видов животных на территории региона характеризуют сведения мониторинга, обобщенные на рисунке 5.

Численность особей диких копытных, по сравнению с другими группами охотничьей фауны Ставрополья, остаётся одной из самой небольших, испытывая при этом колебания численности по годам [11].

Полученные в последнее время данные являются наибольшими за последние 5 лет, за исключением благородного оленя.

Анализируя данные численности диких копытных животных можно сказать, что наиболее распространенным видом является сибирская косуля, средняя численность которой в 24 раза превышает среднюю численность благородного оленя.

На протяжении десятилетнего периода численность благородного оленя испытывала увеличение количества особей до максимально отмеченного уровня в 105 особей, зафиксированных в 2023 г. Популяция пятнистого оленя на территории края в целом испытывала прирост численности особей, достигнув своего максимума в 2024 г. – 324 голов.



	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
благородный олень	22	22	40	62	66	73	83	97	105	93
пятнистый олень	123	147	187	208	207	216	245	279	307	324
кабан	261	505	312	290	279	211	218	221	297	368
косуля	1728	1819	1636	1564	1568	1527	1525	1573	1622	1659

Рис. 5. **Динамика численности диких копытных животных на территории Ставропольского края за период с 2015 по 2024 г.**
Fig.5. The dynamics of the wild ungulates number in the Stavropol Territory for the period from 2015 to 2024

Как видно из показателей, отмечается относительно невысокая численность кабана с периодичными колебаниями в сторону увеличения или понижения значений. Основная причина современного состояния популяции и её снижения связана со вспышками африканской чумы свиней и высокой смертностью от этой эпизоотии, которые без принятия мер могли бы привести к полному уничтожению данной популяции.

Неоднородным остается и распределение данной группы животного населения по территории городских и муниципальных округов края, охотугодьям, а также по территориям региональных ООПТ.

На территории Александровского муниципального округа отмечено обитание 15 особей кабанов (заказник «Александровский»), 207 особей сибирской косули из которых 171 особь отмечена на территории заказника «Александровский» и 30 особей на территории охотничьего угодья 26:01:10 «Александровский». Также отмечено присутствие 210 особей пятнистого оленя на территории заказника «Александровский» (рис. 6).

На территории Андроповского муниципального округа отмечается присутствие 51 особи кабана дикого из которых 16 особей зарегистрировано в пределах территории охотничьего угодья 26:02:01 «Первый андроповский», 5 особей в пределах территории охотничьего угодья 26:02:02 «Второй андроповский» и по 8 соответственно в охотничьих угодьях 26:02:03 «Третий андроповский» и 26:02:04 «Четвертый андроповский». 14 особей зарегистрированы на территории охотничьего угодья 26:02:05 «Пятый андроповский». Сибирская косуля отмечается в следующем количестве на территориях охотничьих угодий: 26:02:01 «Первый андроповский» (41 особь), 26:02:02 «Второй андроповский» (45 особей), 26:02:03 «Третий андроповский» и 26:02:04 «Четвертый андроповский» (по 42 особи), 26:02:05 «Пятый андроповский» (55 особей), а также 12 особей на территории памятника природы «Гора Брык» (рис. 7). Всего на территории муниципалитета обитает 237 особей.

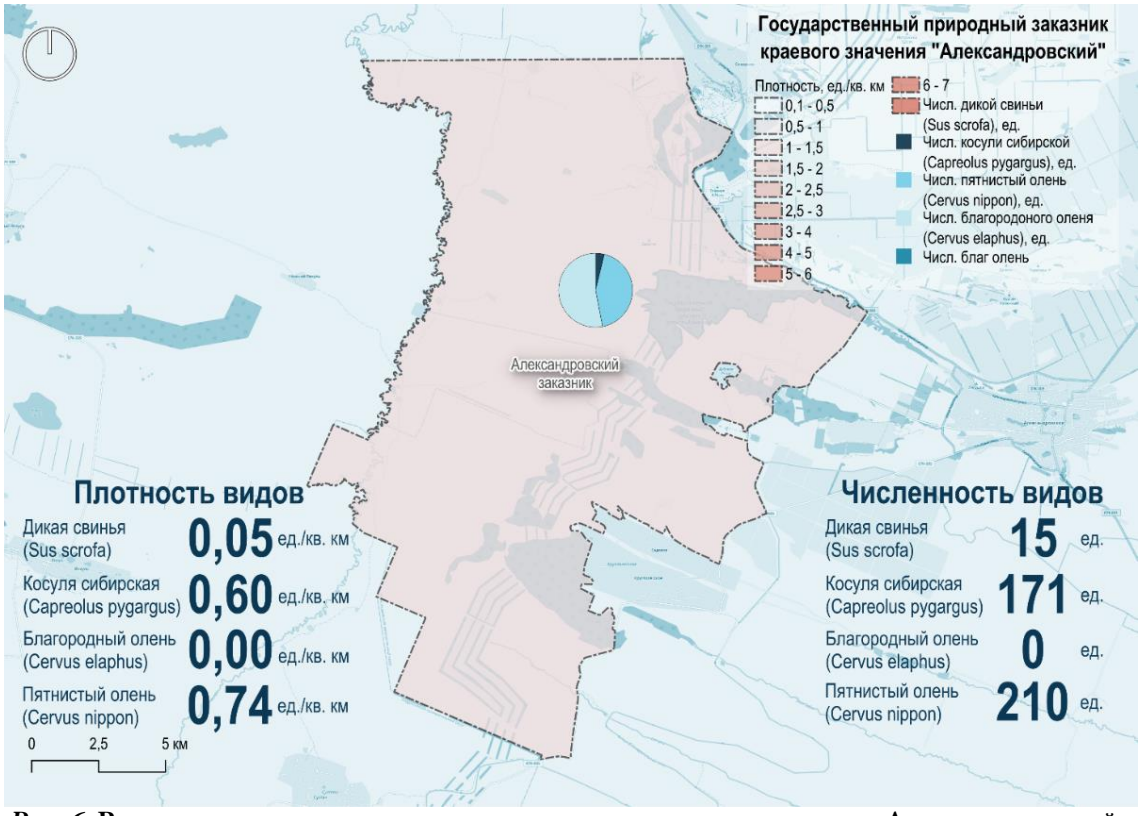


Рис. 6. **Распределение диких копытных на территории заказника «Александровский»**
Fig. 6. Distribution of wild ungulates in the territory of the Alexandrovsky Nature Reserve

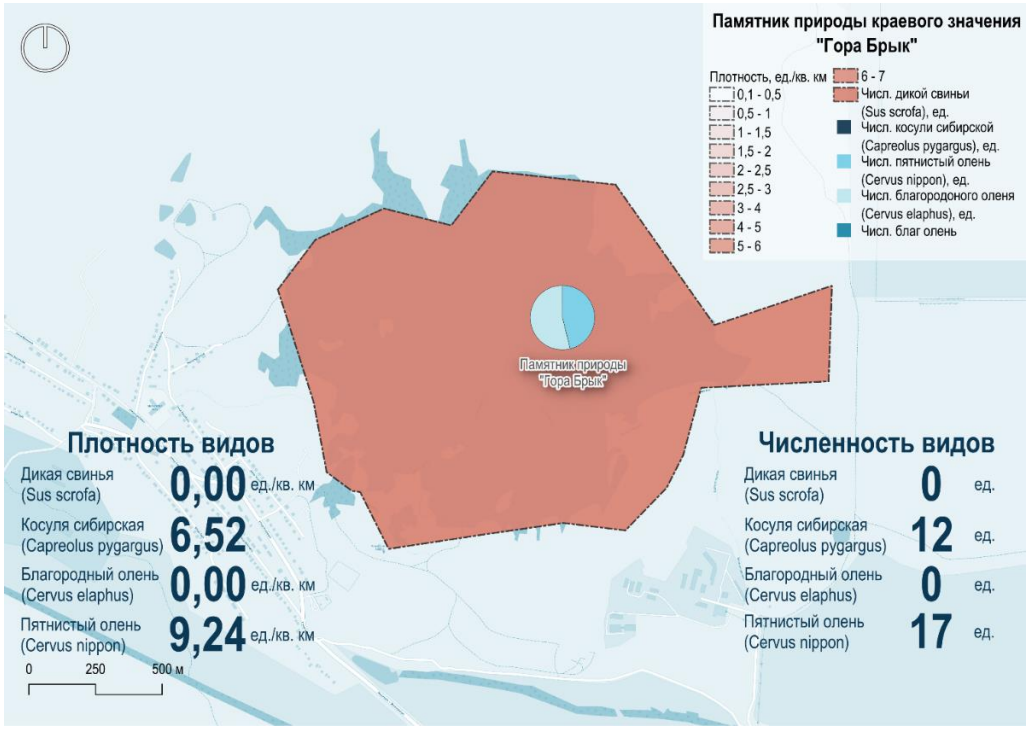


Рис. 7. **Распределение диких копытных на территории памятника природы «Гора Брык»**
Fig.7. Distribution of wild ungulates on the territory of the natural monument "Mount Bryk"

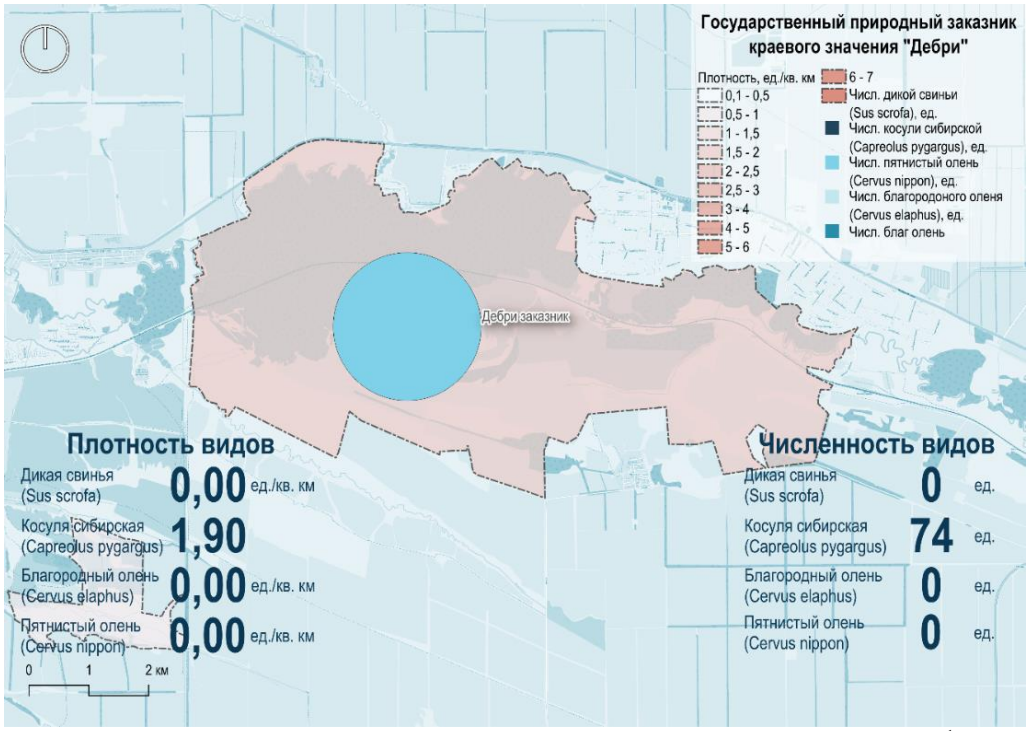


Рис. 8. **Распределение диких копытных на территории заказника «Дебри»**
Fig.8. Distribution of wild ungulates in the territory of the Debri Nature Reserve

В Георгиевском городском округе отмечено обитание 118 особей косули сибирской и 7 особей благородного оленя. Из них 20 особей косули сибирской отмечено на территории охотничьего угодья 26:07:10 «Георгиевский», 74 особей в заказнике «Дебри» (рис. 8) и 51 особь в заказнике «Сафонова дача». Благородные олени встречаются только на территории заказника «Сафонова дача» (рис. 9).

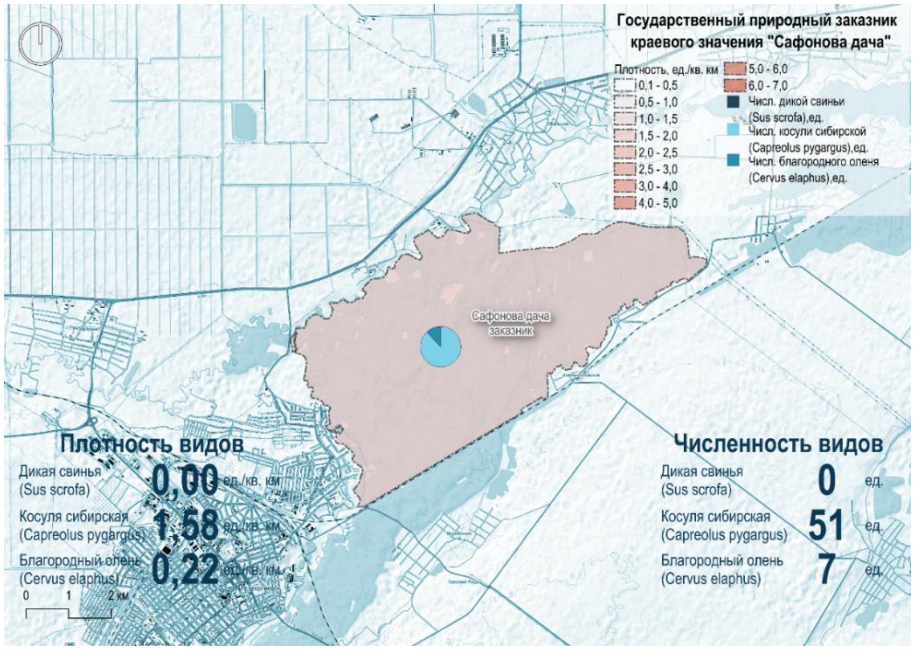


Рис. 9. **Распределение диких копытных на территории заказника «Сафонова дача»**
Fig. 9. Distribution of wild ungulates in the Safonova Dacha Nature Reserve

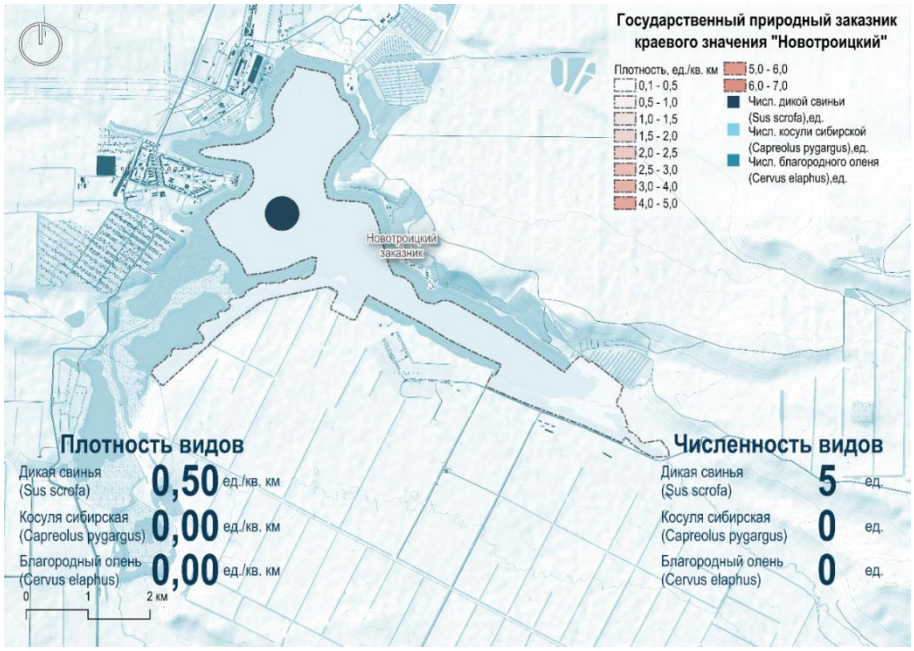


Рис. 10. **Распределение диких копытных на территории заказника «Новотроицкий»**
Fig. 10. Distribution of wild ungulates in the territory of the Novotroitskiy Nature Reserve

На территории Грачевского муниципального округа отмечается присутствие 21 особи косули сибирской в пределах территории охотничьего угодья 26:08:10 «Грачевский».

На территории Изобильненского городского округа отмечается присутствие 33 особей дикого кабана в пределах территорий охотничьих угодий 26:09:02 «Второй изобильненский» (11 особей) и 26:09:03 «Третий изобильненский» (17 особей), а также 5 особей на территории заказника «Новотроицкий» (рис. 10). Также отмечается присутствие 20 особей косули сибирской в пределах территории охотничьего угодья 26:09:10 «Изобильненский».

В Ипатовском городском округе отмечено присутствие 67 особей кабана дикого из которых 5 и 10 особей соответственно обитают на территории заказников «Бурукшинский» и «Лесная дача» (рис. 11-12). А также на территории охотничьих угодий

26:10:01 «Первый ипатовский» (18 особей), 26:10:02 «Второй ипатовский» (9 особей) и 26:10:04 «Четвертый ипатовский» (25 особей). На территории заказника «Лесная дача» отмечено обитание 58 особей благородного оленя.

На территории Кочубеевского муниципального округа отмечается присутствие 48 особей косули сибирской в пределах территории охотничьих угодий 26:12:01 «Первый кочубеевский» и 26:12:02 «Второй кочубеевский» – 30 и 18 особей соответственно. Здесь же обитают 202 особи сибирской косули. На территории охотничьего угодья 26:12:01 «Первый кочубеевский» – 79 особей, 26:12:02 «Второй кочубеевский» – 71 особь, 26:12:03 «Третий кочубеевский» – 40 особей. На территории памятника природы «Долина р. Кубани у ст. Барсуковской» отмечено обитание 12 особей сибирской косули (рис. 13).

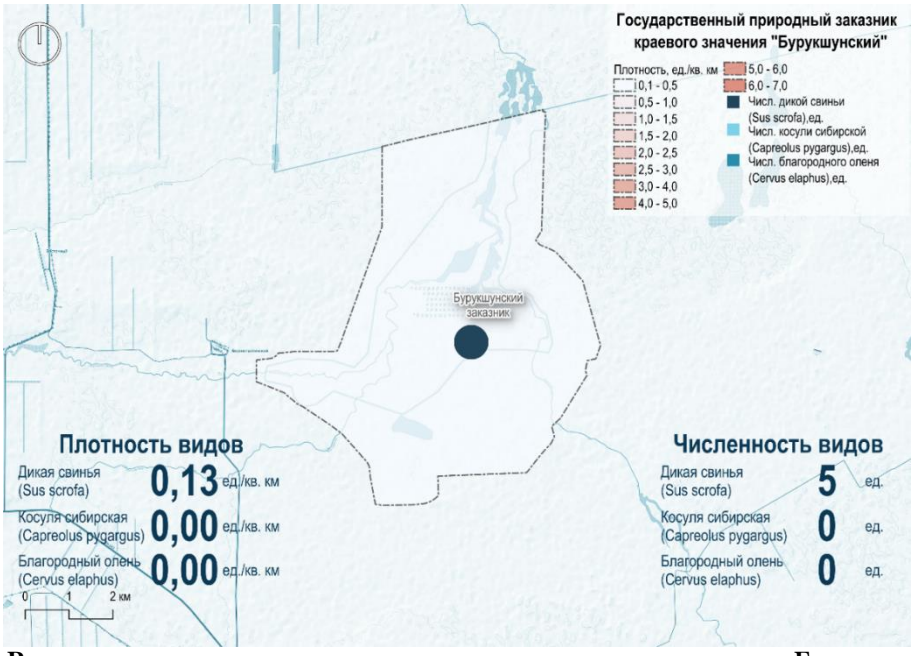


Рис. 11. **Распределение диких копытных на территории заказника «Бурукшунский»**
Fig. 11. Distribution of wild ungulates in the territory of the Burukshunsky Nature Reserve

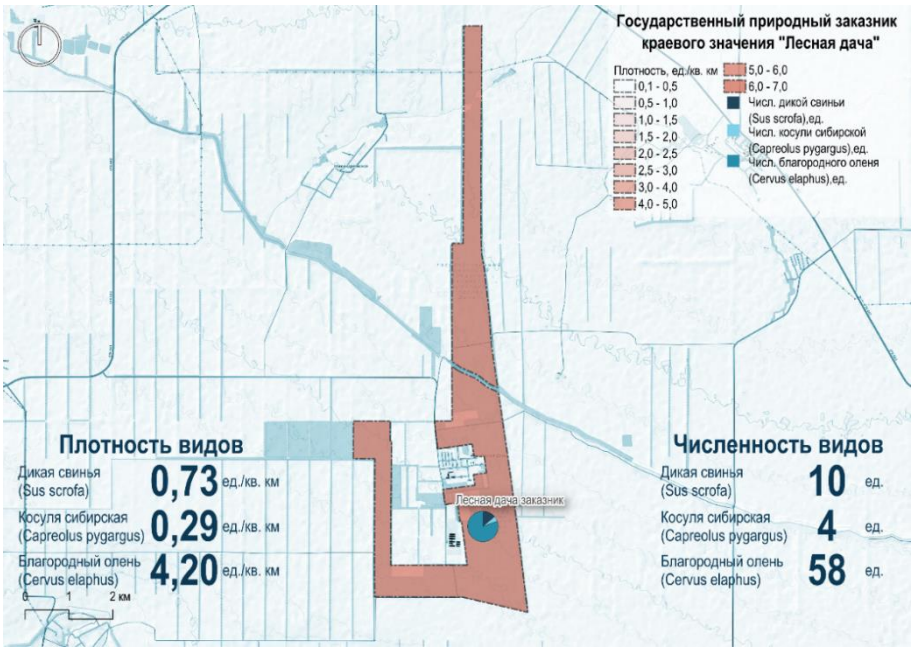


Рис. 12. **Распределение диких копытных на территории заказника «Лесная дача»**
Fig. 12. Distribution of wild ungulates in the territory of the Lesnaya Dacha Nature Reserve

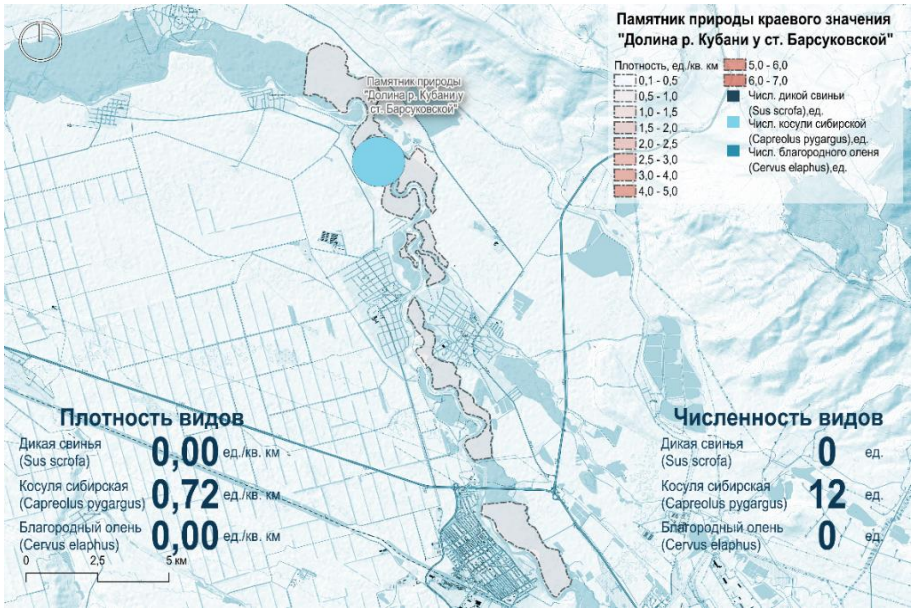


Рис. 13. **Распределение диких копытных на территории заказника «Долина реки Кубани у станицы Барсуковской»**
Fig. 13. Distribution of wild ungulates in the territory of the Kuban River Valley Reserve near the village of Barsukovskaya

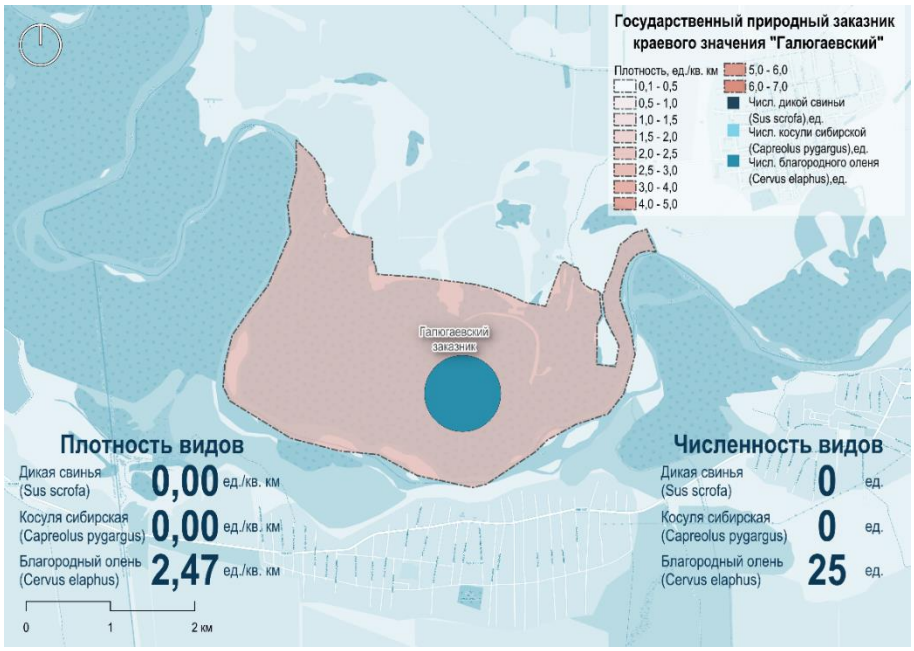


Рис. 14. **Распределение диких копытных на территории заказника «Галюгаевский»**
Fig. 14. Distribution of wild ungulates in the territory of the Galyugaevsky Nature Reserve

На территории заказника «Галюгаевский» Курского муниципального округа отмечено обитание 25 особей благородного оленя (рис. 14).

На территории Минераловодского городского округа отмечается присутствие 56 особей дикого кабана в пределах территорий охотничьих угодий 26:16:10 «Минераловодский» и 26:16:02 «Второй минераловодский» 27 и 29 особей соответственно.

В Новоалександровском городском округе отмечено присутствие 17 особей кабана дикого, обитающих на территории охотничьего угодья 26:18:02 «Второй новоалександровский».

На территории заказника «Новоселецкий» Новоселицкого муниципального округа отмечено обитание 11 особей косули сибирской (рис. 15).

На территории Предгорного муниципального округа отмечается присутствие 47 особей кабана дикого в пределах территории охотничьих угодий 26:21:01 «Первый предгорный» (27 особей), 26:21:02 «Второй предгорный» (8 особей) и 26:21:04 «Четвертый предгорный» (7 особей). Также отмечено их обитание на территории заказника «Бештаугорский» в количестве 5 особей. Также здесь обитает 439 особей косули сибирской. Из них в пределах территорий охотничьих угодий 26:21:10 «Предгорный» (21 особь), 26:21:01 «Первый предгорный» (115 особей), 26:21:02 «Второй предгорный» (60 особей), 26:21:04 «Четвертый предгорный» (51 особь). На территории заказников также отмечено обитание представителей данного вида: заказник «Бештаугорский» (98 особей) (рис. 16), заказник «Бугунтинский» (49 особей) (рис. 17), заказник «Большой Ессентучек» (22 особи) и заказник «Малый Ессентучек» (23 особи) (рис. 18-19). На территории охотничьего угодья 26:21:01 «Первый предгорный» отмечено присутствие 14 благородных оленей.

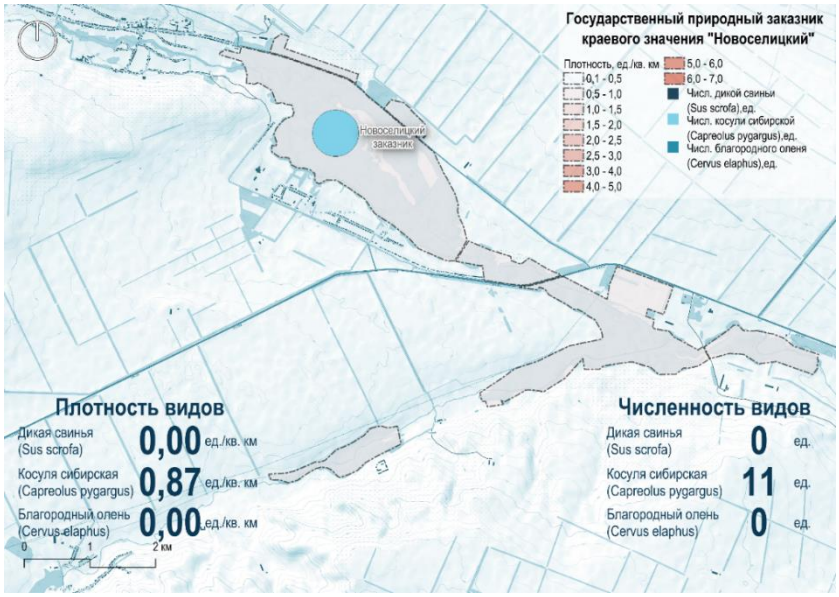


Рис. 15. **Распределение диких копытных на территории заказника «Новоселецкий»**
Fig. 15. Distribution of wild ungulates in the territory of the Novoseletsky Nature Reserve

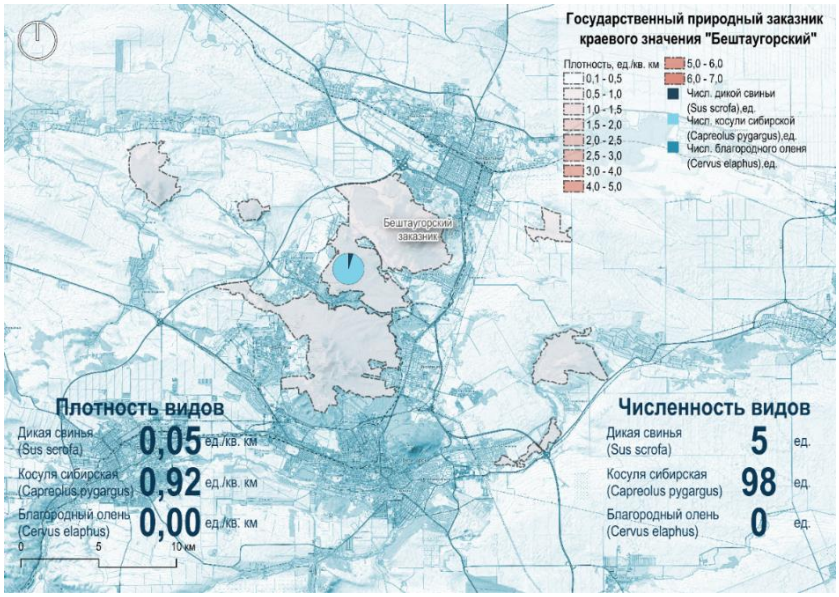


Рис. 16. **Распределение диких копытных на территории заказника «Бештаугорский»**
Fig. 16. Distribution of wild ungulates in the territory of the Beshtaugorsky Nature Reserve

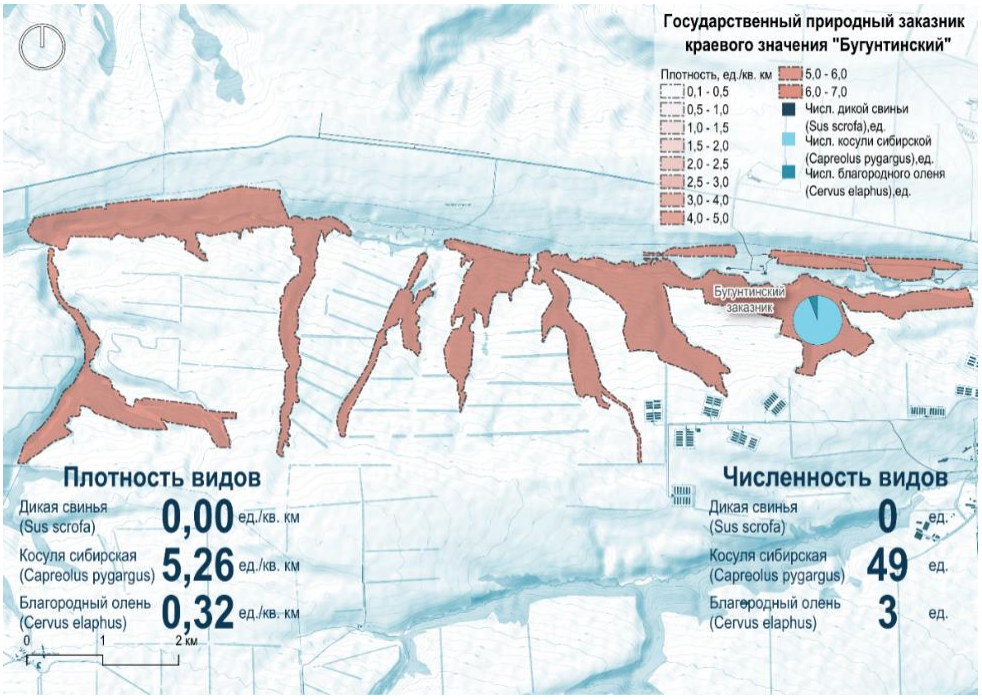


Рис. 17. **Распределение диких копытных на территории заказника «Бугунтинский»**
Fig. 17. Distribution of wild ungulates in the territory of the Buguntinsky Nature Reserve

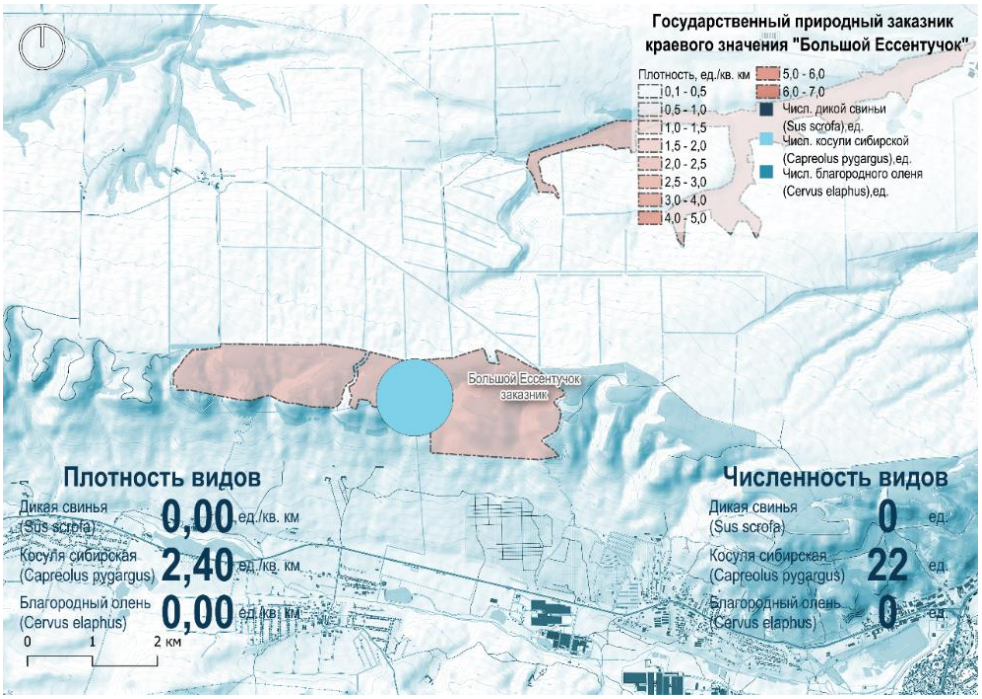


Рис. 18. **Распределение диких копытных на территории заказника «Большой Ессентучок»**
Fig. 18. Distribution of wild ungulates in the territory of the Bolshoy Yessentuchok Nature Reserve

На территории заказника «Иргаклинский» Степновского муниципального округа отмечено обитание 4 особей дикого кабана (рис. 20).

В Труновском муниципальном округе отмечено присутствие 14 особей кабана дикого, обитающих на территории охотничьего угодья 26:24:01 «Первый труновский».

На территории Шпаковского муниципального округа отмечается присутствие 42 особей кабана дикого. В пределах территории охотничьего угодья 26:26:01 «Первый шпаковский» (14 особей). Также отмечено их обитание на территории заказников: «Русский лес» (10 особей), «Стрижамент» (18 особей). Также здесь обитает 344

особи косули сибирской. Из них в пределах территорий охотничьих угодий 26:26:10 «Шпаковский» (24 особи), 26:26:11 «Шпаковский» (28 особей), 26:26:01 «Первый шпаковский» (90 особей). На территории заказников также отмечено обитание представителей данного вида: заказник «Приозерный» (7 особей), заказник «Русский лес» (91 особь), заказник «Стрижамент» (97 особей) (рис. 21-23). На территории памятника природы «Лопатинская лесная дача» отмечено обитание 7 особей данного вида (рис. 24). Здесь же отмечено обитание благородного оленя в количестве 58 особей. Из них 7 особей на территории заказника «Приозерный», 45 особей в заказнике «Русский лес» и 5 особей в заказнике «Стрижамент».

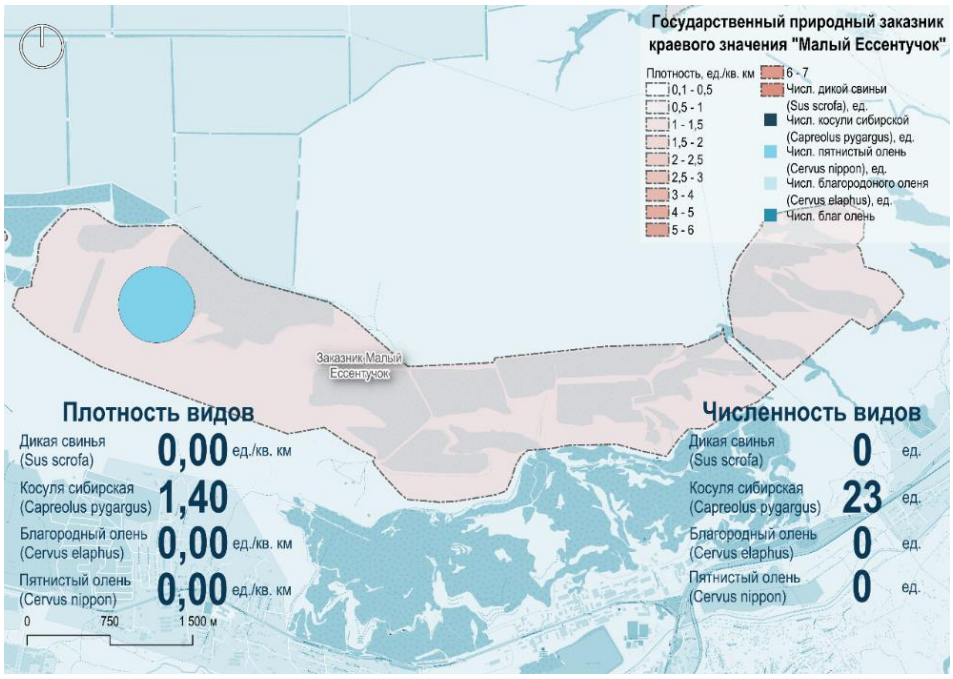


Рис. 19. **Распределение диких копытных на территории заказника «Малый Ессентучок»**
Fig. 19. Distribution of wild ungulates in the territory of the Maly Yessentuchok Nature Reserve

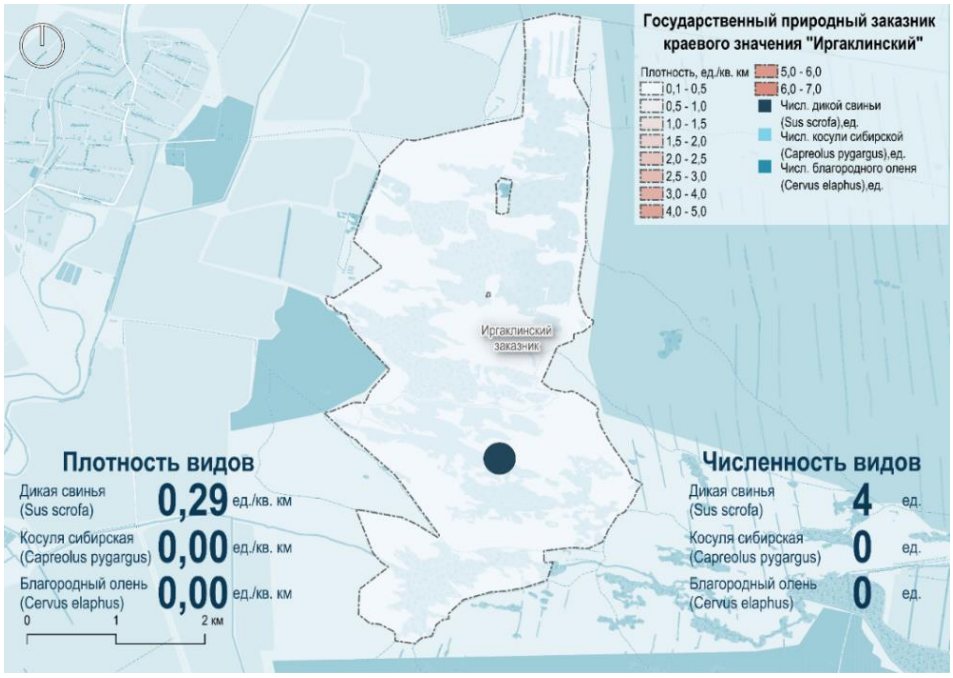


Рис. 20. **Распределение диких копытных на территории заказника «Иргаклинский»**
Fig. 20. Distribution of wild ungulates in the territory of the Irgaklinsky Nature Reserve

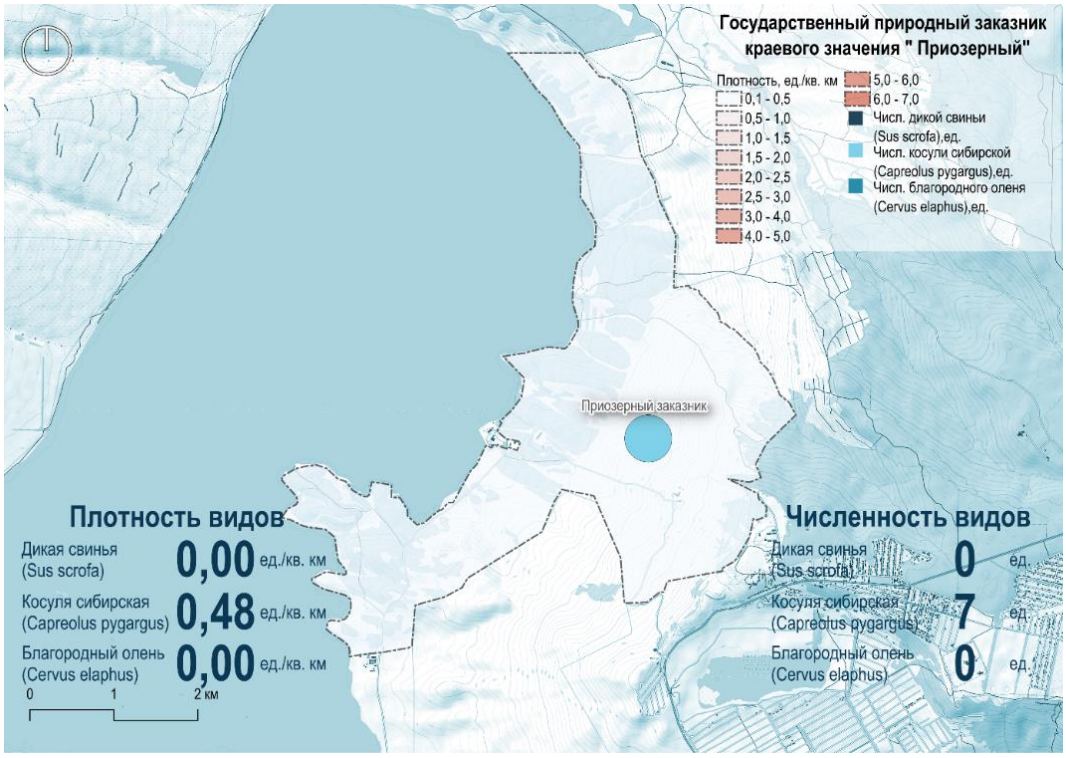


Рис. 21. **Распределение диких копытных на территории заказника «Приозерный»**
Fig. 21. Distribution of wild ungulates in the territory of the Priozerny Nature Reserve

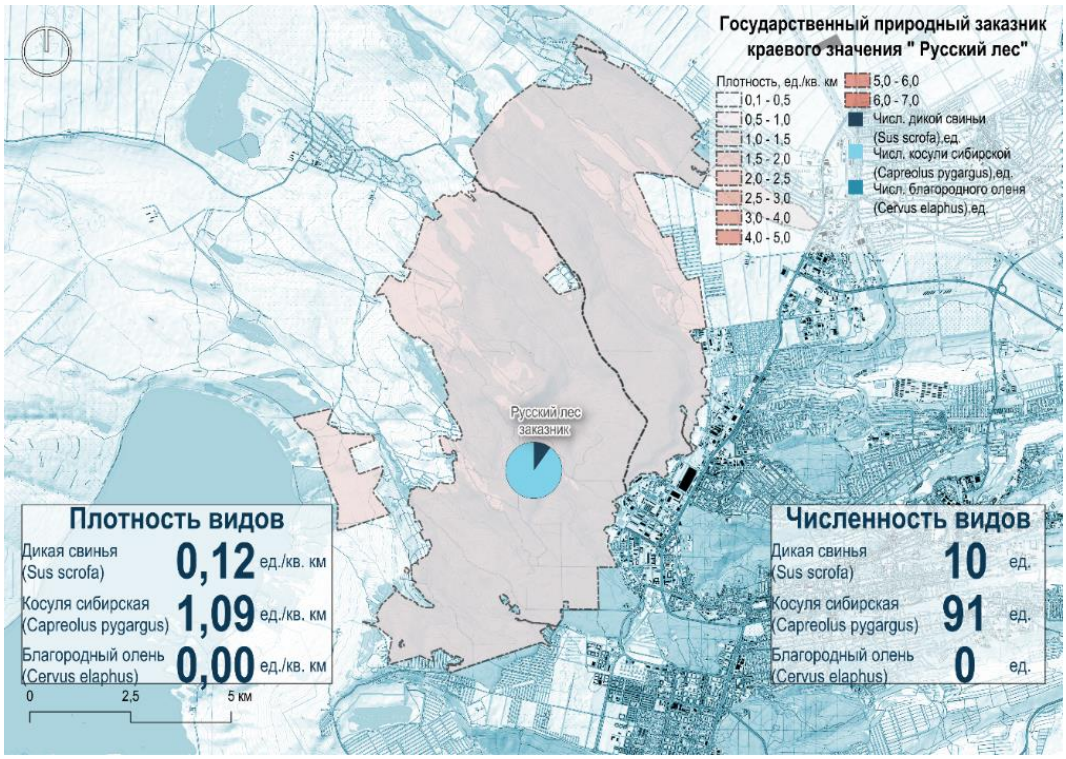


Рис. 22. **Распределение диких копытных на территории заказника «Русский лес»**
Fig.22. Distribution of wild ungulates in the territory of the Russian Forest Reserve

Анализ данных плотности видов группы диких копытных животных показывает нам, что они лишь в единичных случаях соответствуют установленным на региональном законодательном уровне показателям хозяйственно-целесообразной численности.

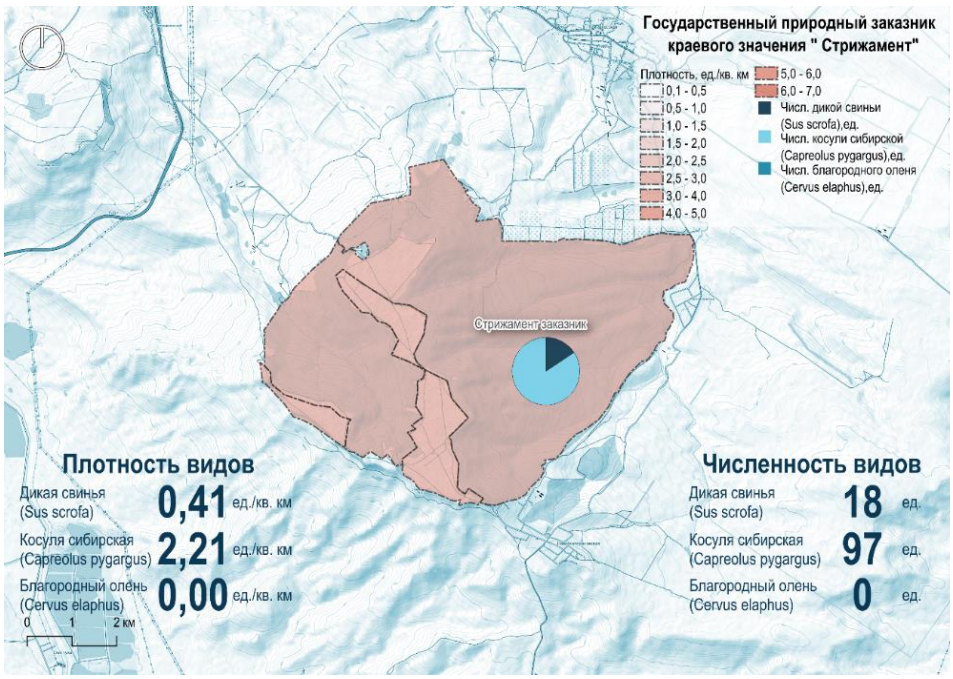


***Рис. 23.* Распределение диких копытных на территории заказника «Стрижамент»**
Fig.23. Distribution of wild ungulates in the territory of the Strizhament Nature Reserve

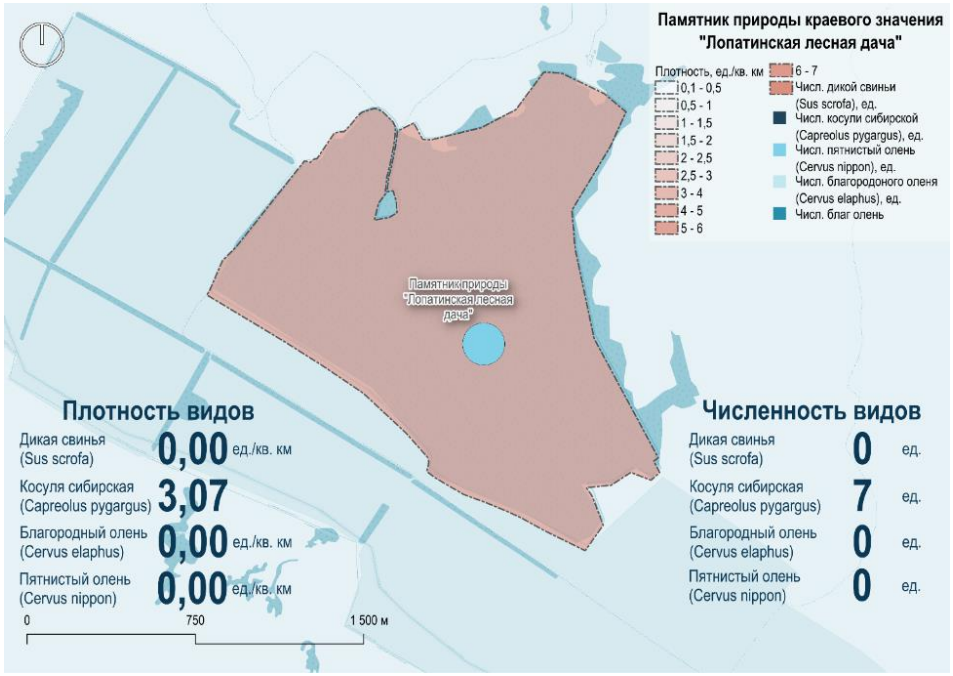


***Рис. 24.* Распределение диких копытных на территории заказника «Лопатинская лесная дача»**
Fig. 24. Distribution of wild ungulates in the territory of the Lopatinskaya Lesnaya Dacha Nature Reserve

Заключение

При изучении вопроса динамики численности диких копытных Ставропольского края было установлено, что к числу факторов среды обитания, оказывающих непосредственное влияние на изменение их численности, относится группа природных и антропогенных факторов. При этом нельзя говорить о ведущей роли какого-то из них. Рассмотрены положительно и отрицательно влияющие на численность животных факторы. Так, к числу факторов,

оказывающих негативное влияние на состояние численности можно отнести эпизоотии. Наиболее значимым фактором негативного воздействия на численность диких копытных животных оказывают антропогенные факторы. Они носят как прямой, так и косвенный характер, направленный на изменение непосредственно среды их обитания. К числу наиболее распространенных можно отнести браконьерство, шумовое воздействие в результате нарастающей рекреационной нагрузки на естественную среду обитания, сельскохозяйственные палы, механизация сельского хозяйства и использование агрохимии. В качестве примера положительного воздействия можно несомненно назвать комплекс биотехнических мероприятий, направленный на стабилизацию и увеличение численности видов.

В качестве основных сред обитания на территории Ставрополья для рассматриваемой группы животного населения является имеющаяся сеть особо охраняемых природных территорий и охотничьих угодий с благоприятными для их проживания средами обитания. Так, основное их размещение отмечается в пределах территорий Александровского, Андроповского, Георгиевского, Кочубеевского, Минераловодского, Предгорного и Шпаковского муниципальных округов, занимающих в основном юго-западную часть Ставропольского края в пределах лесостепной и предгорной зон региона.

Анализ данных плотности видов группы диких копытных животных показывает, что они лишь в единичных случаях соответствуют установленным на региональном законодательном уровне показателям хозяйственно-целесообразной численности.

Численность особей диких копытных, по сравнению с другими группами охотничьей фауны Ставрополья, остаётся одной из самой небольших, испытывая при этом колебания численности по годам. В настоящее время полученные данные являются наибольшими за последние 5 лет, за исключением благородного оленя.

В целях поддержания численности данной группы охотничьих ресурсов края необходимо проводить научно-обоснованное изъятие особей данных видов в виде регламентированной охоты. При этом в первую очередь необходимо добывать больных, слабых, плохо развитых и старых животных. Планируемые объемы изъятия должны быть направлены на сохранение охотничьих ресурсов, увеличение их численности, а также достижение оптимальной половой и возрастной структуры и качественных показателей охотничьих ресурсов.

Список источников

1. Данилкин А. А. Динамика населения диких копытных России: гипотезы, факторы, закономерности. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. 310 с.

2. Данилкин А. А. К проблеме «цикличности» в динамике численности диких копытных животных // Вестник охотоведения. 2007. Т. 4. № 1. С. 89-99. EDN: OGGRXD

3. Шаймарданова В. В., Шкляренко С. В., Панасюк М. В., Ларионова Н. И., Руденко А. В. Геоинформатика и геоинформационные системы: учебное пособие. Казань: Казанский федеральный университет, 2025. 151 с.

4. Шальнев В. А. Ландшафты Северного Кавказа: эволюция и современность. Ставрополь: Ставропольский государственный университет, 2004. 265 с. EDN: SCUDHJ

5. Кабельчук Б. В., Лысенко И. О. Биология и экология диких копытных Ставрополья и их влияние на экосистемы особо охраняемых природных территорий при вольном и полувольном содержании и разведении. Ставрополь: АГРУС, 2013. 124 с. EDN: RTDPZP

References

1. Danilkin AA. Population dynamics of wild ungulates in Russia: hypotheses, factors, and patterns. Moscow: KMK Scientific Publications Partnership, 2009:310. (In Russ)

2. Danilkin AA. The problem of “Cyclicity” as regards the dynamics of hoofed animal numbers. *Bulletin of Hunting*. 2007;4(1):89-99. (In Russ). EDN: OGGRXD

3. Shaymardanova VV, Shklyarenko SV, Panasyuk MV, Larionova NI, Rudenko AV. Geoinformatics and geoinformation systems: a tutorial. Kazan: Kazan Federal University, 2025:151. (In Russ)

4. Shalnev VA. Landscapes of the North Caucasus: evolution and modernity. Stavropol: Stavropol State University, 2004:265. (In Russ). EDN: SCUDHJ

5. Kabelchuk BV, Lysenko IO. Biology and ecology of wild ungulates in Stavropol and their impact on ecosystems of specially protected natural areas during free-range and semi-free-range keeping and breeding. Stavropol: AGRUS, 2013:124. (In Russ). EDN: RTDPZP

6. Плахина Д. А., Звычайная Е. Ю., Холодова М. В., Данилкин А. А. Выявление гибридов европейской (*Capreolus capreolus L.*) и сибирской (*C. pygargus Pall.*) косуль на основе микросателлитного анализа // Генетика. 2014. Т. 50. № 7. С. 862-867. DOI: 10.7868/S0016675814070157. EDN: SGVTQJ

7. Хохлов А. Н. и др. Охота на Ставрополье. Ставрополь: Ставропольсервисшкола, 2004. 206 с.

8. Макаров В. В., Сухарёв О. И., Гаврюшкин Д., Боев Б. В., Коломыцев А. А., Литвинов О. Б. Дикий европейский кабан. Природная очаговость африканской чумы свиней // Ветеринария. 2010. № 9. С. 24-28. EDN: MUGZRJ

9. Mozumder P. Starbuck CM, Berrens RP, Alexander S. Lease and fee hunting on private lands in the US: A review of the economic and legal issues. *Human Dimensions of Wildlife.* 2007;12(1):1-14. DOI: doi.org/10.1080/10871200601107817

10. Бондарь Е. В., Харин К. В., Антонова А. В. Мониторинг численности охотничьих видов животных Ставропольского края // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 4. С. 20-31. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-4-20-31. EDN: IRHXIS

6. Plakhina DA, Zvychaynaya EY, Kholodova MV, Danilkin AA. Identification of European (*Capreolus capreolus L.*) and Siberian (*C. pygargus Pall.*) Roe deer hybrids by microsatellite marker analysis. *Russian Journal of Genetics*. 2014;50(7):862-867. (In Russ). DOI: 10.7868/S0016675814070157. EDN: SGVTQJ

7. Khokhlov AN, et al. Hunting in Stavropol. Stavropol: Stavropolserviceshkola, 2004:206. (In Russ)

8. Makarov VV, Sukharev OI, Gavryushkin D, Boev BV, Kolomytsev AA, et al. Wild boar. African swine fever natural nidity. *Veterinary Medicine.* 2010(9):24-28. (In Russ). EDN: MUGZRJ

9. Mozumder P. Starbuck CM, Berrens RP, Alexander S. Lease and fee hunting on private lands in the US: A review of the economic and legal issues. *Human Dimensions of Wildlife.* 2007;12(1):1-14. (In Russ). DOI: doi.org/10.1080/10871200601107817

10. Bondar EV, Kharin KV, Antonova AV. Monitoring of the game species number in the Stavropol Territory. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2023;17(4):20-31. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-4-20-31. EDN: IRHXIS

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Харин Константин Викторович, кандидат географических наук, заведующий кафедрой экологии и биогеографии, медико-биологический факультет, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия, k-harin79@mail.ru, ORCID 000-0002-9091-6375

Важенский Вадим Романович, студент, медико-биологический факультет, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия, vadim-vazhenskiy@mail.ru, https://orcid.org/0009-0001-0415-1418

Критерии авторства

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 14.07.2025
Одобрена после рецензирования 10.10.2025
Принята к публикации 16.10.2025

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Konstantin V. Kharin, Ph.D. (Geography), Head of the Department of Ecology and Biogeography, Faculty of Medicine and Biology, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, k-harin79@mail.ru, https://orcid.org/000-0002-9091-6375

Vadim R. Vazhensky, student, Faculty of Medicine and Biology, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, vadim-vazhenskiy@mail.ru, https://orcid.org/0009-0001-0415-1418

Contribution of the authors

Authors made equivalent contributions to the publication.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 14.07.2025
Approved after reviewing 10.10.2025
Accepted for publication 16.10.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 551.578
DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-108-114
EDN: ZVEWXM

Исследование ложных молниевых разрядов, зафиксированных северокавказской грозопеленгационной сетью

© 2025Жарашуев М. В.✉
Высокогорный геофизический институт
Нальчик, Россия, mgk777@mail.ru✉

РЕЗЮМЕ. Цель. Исследование повышенной концентрации ложных молниевых разрядов с использованием грозопеленгационных и радиолокационных данных, а также разработанной методики для учета при статистических исследованиях грозоградовой активности. **Методы**. В работе предлагается использовать программу, разработанную для исследования молниевой активности. **Результаты**. Одной из ключевых задач статистических исследований грозоградовой активности является повышение достоверности, выявление неоднородностей и дефектов в исследуемых данных. Разработанный метод позволил выявить и учесть при статистических исследованиях молниевой активности ложные разряды, зафиксированные северокавказской грозопеленгационной сетью. Только за два дня, 17.05.2013 и 08.05.2013 г., было выявлено 1 973 675 ложных молниевых разрядов, зафиксированных VHF-датчиками грозопеленгационной сети. **Выводы**. Возможными причинами фиксации ложных молниевых разрядов в эти дни могли являться электромагнитные помехи либо ошибки в программном обеспечении.

Ключевые слова: ложные молнии, распределения, статистика, анализ, грозоградовая активность.

Формат цитирования: Жарашуев М. В. Исследования ложных молниевых разрядов, зафиксированных северокавказской грозопеленгационной сетью // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2025. Т. 19. № 3. С. 108-114. DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-108-114. EDN: ZVEWXM

Research of False Lightning Discharges Recorded by the North Caucasus Thunder-Tracking Network

© 2025Murat V. Zharashuev✉
High-Mountain Geophysical Institute
Nalchik, Russia, mgk777@mail.ru✉

ABSTRACT. Aim. To study the increased concentration of false lightning discharges using thunderstorm direction finding and radar data, as well as a developed methodology for accounting for them in statistical studies of thunderstorm and hail activity. **Methods.** The study proposes the use of software developed for studying lightning activity. **Results.** One of the key objectives of thunderstorm statistical studies and hail activity is to improve reliability and identify inhomogeneities and defects in the studied data. The developed method made it possible to identify and account for false discharges recorded by the North Caucasus thunder-tracking network in statistical studies of lightning activity. Over just two days, May 17, 2013, and May 8, 2013, 1,973,675 false lightning strikes were detected by VHF sensors and the thunder-tracking network. **Conclusions.** Possible causes for the false lightning strikes recorded on these days could have been electromagnetic interference or software errors.

Keywords: false lightning, distribution, statistics, analysis, thunderstorm activity.

For citation: Zharashuev MV. Research of False Lightning Discharges Recorded by the North Caucasus Thunder-Tracking Network. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2025;19(3):108-114. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2025-19-3-108-114. EDN: ZVEWXM

Введение

Молниевые разряды обладают колоссальной энергией, зачастую приводящей к трагедиям и разрушениям. С развитием техники и технологии появилась возможность более детально исследовать это природное явление. До недавних пор исследования проводились с помощью визуальных наблюдений и радиолокационного зондирования атмосферы. Обнаружение молниевых разрядов, по данным об отраженном сигнале, носили вероятностный характер [1]. С начала XXI в. начали внедряться инструментальные методы исследования молниевых разрядов [2-4]. Так, в 2008 г. на северном Кавказе стала формироваться грозопеленгационная сеть LS8000, состоящая из четырех грозорегистраторов VAISELA и центрального пункта приема и обработки информации [5]. При этом грозорегистраторы были расположены так, чтобы в зону покрытия входил весь Северный Кавказ. В частности, грозопеленгаторы были установлены в с. Исламей Кабардино-Балкарской Республики (КБР), в г. Михайловске и Зеленакумске Ставропольского края, в г. Черкесске Карачаево-Черкесской Республики (КЧР). Каждый грозорегистратор включает в себя два передатчика, низкочастотный (LF), фиксирующий в основном разряды облако-земля и высокочастотный (VHF), фиксирующий исключительно разряды типа облако-облако [6].

Статистические исследования целесообразно проводить на ограниченных площадях, выбранных по определенным критериям [7]. Для исследований был выбран квадрат площадью 173 056 км^2 с центром в г. Михайловске Ставропольского Края. Для анализа молниевой активности на данной площади был разработан программный комплекс [8]. Это территория была выбрана потому, что она находиться в зоне устойчивого пеленга всеми четырьмя грозорегистраторами и стабильно работающим метеорологическим радиолокатором, расположенным в г. Михайловске. В любых статистических исследованиях важное значение имеет достоверность и однородность данных. Для нахождения неоднородностей в исследуемых данных была разработана методика, позволившая выделить большую группу ложных молниевых разрядов, зафиксированных грозопеленгационной сетью. Под ложными молниевыми разрядами подразумеваются разряды, зарегистрированные грозопеленгационной сетью при фактическом их отсутствии.

Основными причинами фиксации ложных молниевых разрядов системой LS-8000 могут быть:

1. Электромагнитные помехи: источники таких помех могут быть различные устройства или оборудование, работающее вблизи, которые создают ложные сигналы, похожие на грозовые разряды.
2. Погрешности в калибровке.
3. Низкое качество датчиков: некорректная работа или старение датчиков может привести к ложным срабатываниям.
4. Дистанция и локализация источников разрядов: иногда система может фиксировать электрические разряды или ионизацию воздуха, которые происходят на значительном расстоянии и не являются настоящими грозами, но все же воспринимаются как таковые.
5. Ошибки в программном обеспечении: в некоторых случаях системные ошибки или баги в программном обеспечении могут приводить к интерпретации ненастоящих событий как грозовых разрядов.

Материал и методы исследования

В качестве исходного материала использовались оцифрованные данные рельефа и сети грозорегистраторов (ГПС) LS8000 за 2009-2020 гг. (в данный период все грозопеленгаторы сети работали наиболее стабильно), установленной на Северном Кавказе в 2008 г., позволяющей фиксировать в режиме реального времени все молниевые разряды, происходящие над всей территорией ЮФО и СКФО. Грозопеленгационная информация представляет собой набор данных о разрядах типа «облако-облако» HF в радиусе 325 км и «облако-земля» HL в радиусе 625 км. О каждом молниевом разряде ГПС LS8000 получает следующие параметры: географические координаты местоположения молниевого разряда, время разряда, для молний типа «облако-земля» – сила тока в канале молнии, полярность разряда и др. [5]. Также имеется радиолокационная информация за 2009-2020 гг. Для анализа этих данных была разработана программа, которая позволила получить карты распределения разрядов по исследуемой территории в зависимости от рельефа местности [8].

Для выявления ложной молниевой активности при статистических исследованиях на локальных территориях предлагается:

– определиться с областью исследования;

– разбить область исследования на элементарные ячейки;

– сопоставить радиолокационные и грозопеленгационные данные, полученные от высокочастотных и низкочастотных датчиков для каждой элементарной ячейки;

– построить карту распределения разрядов.

Результаты и их обсуждение

Для определения ложной концентрации разрядов при статистических исследованиях предлагается:

– разбить исследуемую территорию на элементарные ячейки площадью 0,25 км^2;

– вся исследуемая территория будет представлять собой матрицу, состоящую из элементарных ячеек;

– вести подсчет разрядов по годам, образующихся над каждой элементарной ячейкой матрицы;

– сохранение всех матриц в виде рисунков, нанесенных на карту местности (рис. 1; 2);

– визуальный анализ карт на предмет нахождения аномальной концентрации разрядов типа облако-облако;

– сопоставление участка, имеющего предположительно аномально завышенную концентрацию разрядов, с картой разрядов типа облако-земля;

– если наблюдается резкий дисбаланс показаний по концентрации разрядов, то выявляют даты, в которые наблюдалась повышенная фиксация разрядов;

– проведение сравнительного анализа радиолокационной и грозопеленгационной информации на предмет нахождения аномалий в фиксации разрядов.

Проанализировав по годам карты распределения разрядов, было выявлено, что на участке между КБР и КЧР наблюдается аномально высокая концентрация межоблачных разрядов (рис. 1).

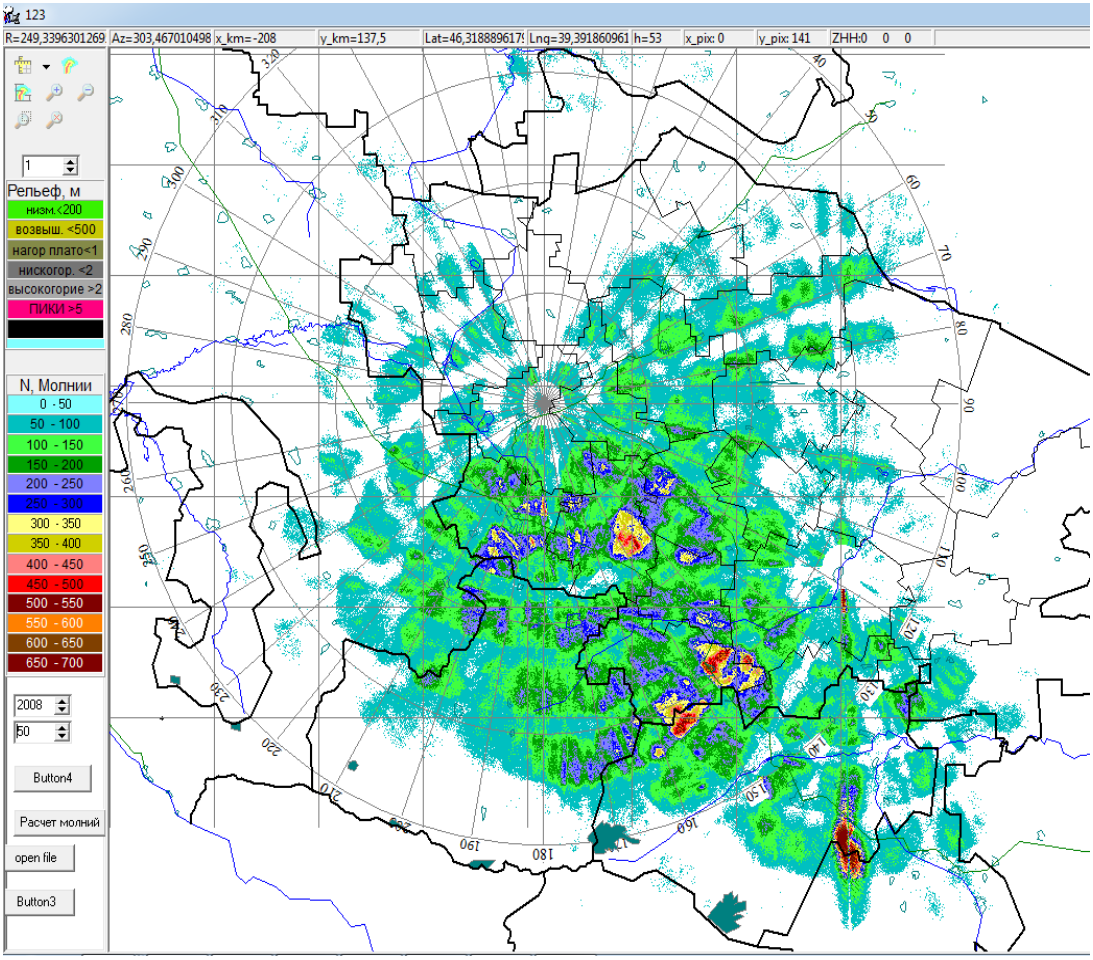


Рис. 1. **Концентрация молниевых разрядов на 0,25 км^2 VHF-датчиком в период с 2009 по 2020 г.**

Fig. 1. Concentration of lightning discharges per 0.25 km^2 by VHF sensor in the period from 2009 to 2020

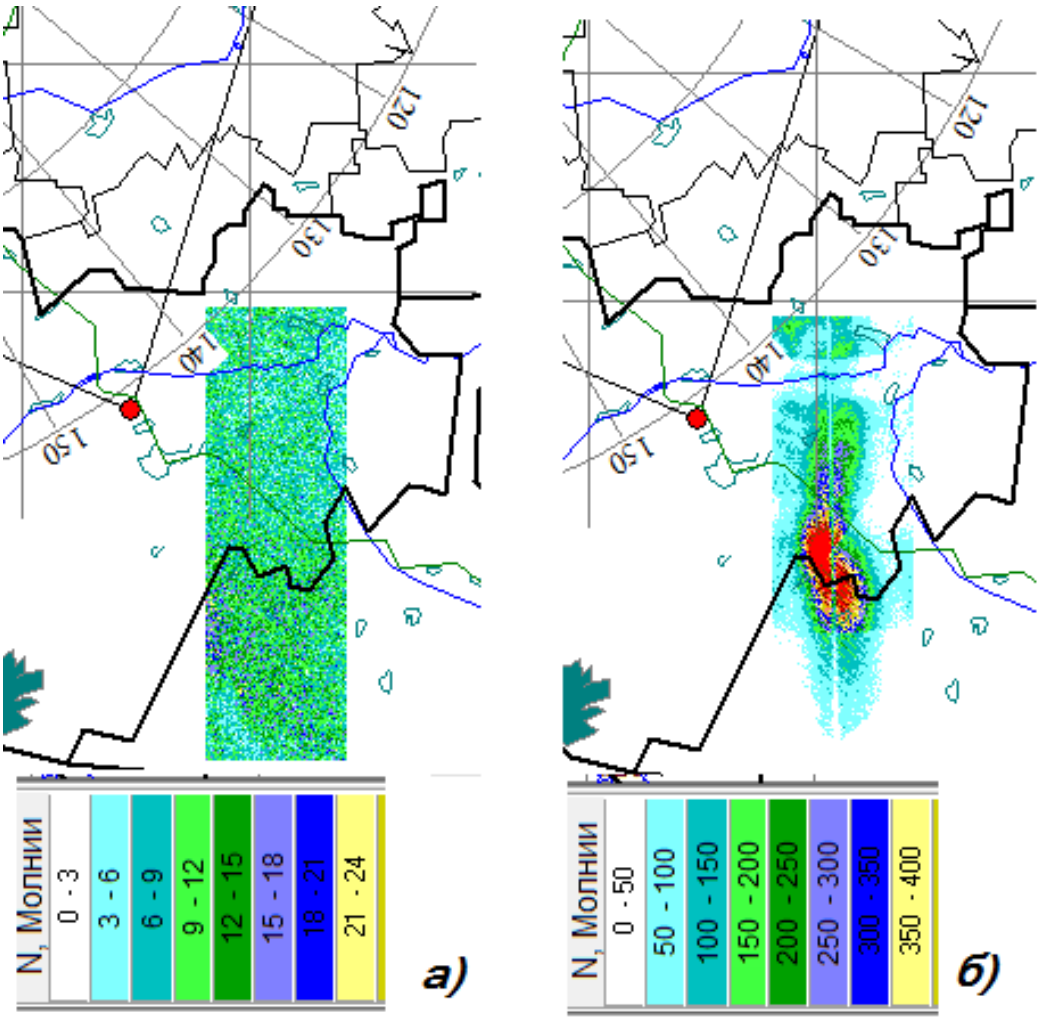


Рис. 2. **Концентрация молниевых разрядов на исследуемой территории за 2009-2020 гг., зафиксированных *а)* LF, *б)* VHF-датчиками**
Fig. 2. Concentration of lightning discharges in the study area for 2009-2020, recorded by a) LF b) VHF sensors

Разбираясь в причинах этой аномалии, т. к. никаких орографических предпосылок для развития интенсивной молниевой активности в этом районе не имелось, было выявлено, что основная часть разрядов в этом районе зафиксирована 17.05.2013 и 08.05.2013 г. Всего на площади 2500 км^2 с 2009 по 2020 г. было зафиксировано 1 420 694 молниевых разрядов. При этом на 17.05.2013 приходится 552 981 разряд, а на 08.05.2013 138 863 разряда. Сопоставление с разрядами, зафиксированными с помощью LF-датчиков, показало, что наблюдается явный дисбаланс в показаниях (рис. 2).

Известно, что метеорадиолокаторы способны фиксировать радиоэхо, которое указывает на вероятность наличия молниевого разряда в данной области [9; 10]. Для определения степени достоверности грозопеленгационных данных, зафиксированных низкочастотными и высокочастотными датчиками, были сопоставлены полученные данные с радиолокационной информацией за 17.05.2013 и 08.05.2013 гг. Радиолокационные данные не фиксировали наличие облачности на исследуемой территории на протяжении всего дня 08.05.2013 г. (рис. 3*а*), и незначительную облачность в течение 17.05.2013 г. (рис. 3*б*). В результате анализа было выявлено, что на исследуемой площади, равной 2500 км, молниевая активность является ложной.

Помехи, фиксируемые грозопеленгационной сетью, являются направленными. Искусственные источники радиопомех – это наиболее частая причина направленных помех. Возможными источниками таких помех являются:

– радиопередатчики: УКВ/КВ, телекомоборудование, радиостанции, военные/авиационные/морские передатчики;

– линия электропередачи высокого напряжения: особенно если находятся южнее и создают ионизационные/коронные разряды;

– инверторы солнечных электростанций: в южных регионах солнечные станции часто располагаются южнее населённых пунктов;

– промышленное оборудование: сварочные аппараты, частотные преобразователи, крупные электродвигатели;

– радиолокационные установки (РЛС) – особенно импульсные РЛС на военных/гражданских объектах.

Систематическая помеха от спутников или небесных источников хотя редкость, но возможна: солнечные всплески и активность (особенно в дневное время, когда Солнце на юге).

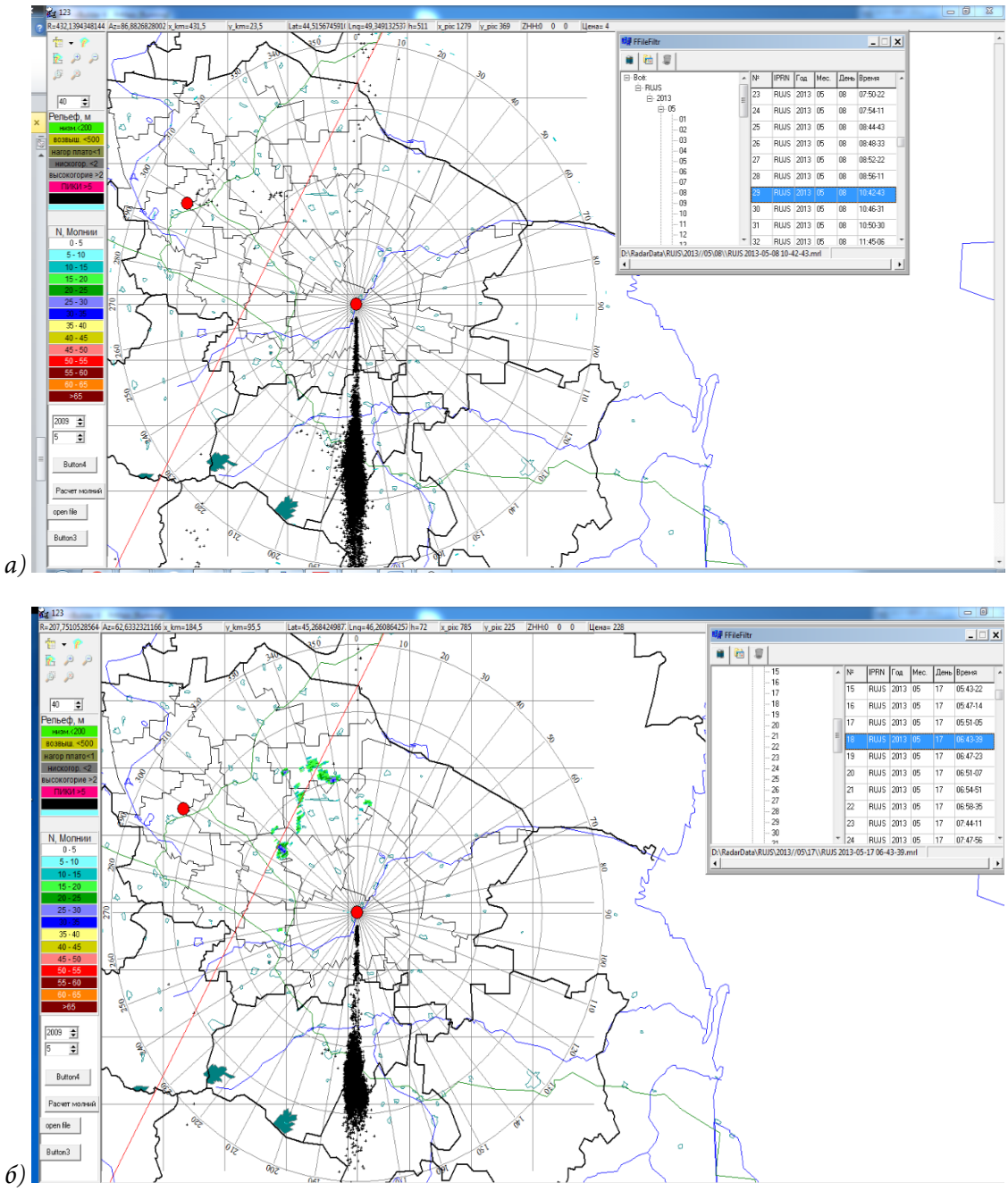


Рис. 3. **Радиолокационная карта максимальной отражаемости с грозопеленгационными данными за *а)* 08.05.2013 г., *б)* 17.05.2013**

Fig. 3. Radar map of maximum reflectivity with lightning direction finding data for a) 08.05.2013, б) 17.05.2013

Геостационарные спутники «висят» почти строго на юге (для северного полушария), и некоторые могут создавать помехи в радиодиапазонах, если не экранированы.

Также источниками помех могли являться:

– отражённые сигналы от спутников – многолучевые интерференции, а также отражения и переизлучения. Иногда источником не является сама помеха, а отражённый сигнал, например металлические конструкции южнее антенны (вышки, здания, антенны, баки, трубы) или переизлучение от другого оборудования, установленного южнее (повторители, усилители связи);

– проблемы с самой антенной или усилителем в южном секторе, повреждение или деградация одного из направленных каналов антенны, ориентированного на юг;

– нарушенная экранировка – возможно, антенна более чувствительна к определённому направлению из-за проблем с экранированием корпуса;

– некорректная обработка данных в программном обеспечении (ПО). ПО может интерпретировать одиночные высокоэнергетические импульсы как множество разрядов вдоль линии, особенно если это совпадает с направлением антенны с максимальной чувствительностью.

Анализируя все возможные причины фиксации ложных молниевых разрядов, было замечено, что на рисунке 3 чётко видна ярко выраженная помеха, вытянутая строго с севера на юг, особенно насыщенная в красной зоне в нижней части карты. Это типичный пример направленной радиопомехи, часто называемой «южный шип» или «радиолуч».

Наиболее вероятной причиной такой направленной помехи является сильный наземный источник помех (искусственный), такой как радиопередатчик. Если бы проблемы были связаны с другими описанными выше причинами, такими как повреждение экранирования антенны пеленгатора с неполадками обработки данных и т. д., то помехи носили бы систематический, а не разовый характер.

Заключение

Ключевыми задачами статистических исследований грозоградовой активности являются повышение достоверности, выявление неоднородностей и дефектов в исследуемых данных. Разработанный метод позволил выявить и учесть при статистических исследованиях молниевой активности ложные разряды, зафиксированные северокавказской грозопеленгационной сетью. Только за два дня, 17.05.2013 и 08.05.2013 г., было выявлено 1 973 675 ложных молниевых разрядов, зафиксированных VHF-датчиками грозопеленгационной сети.

Возможными причинами фиксации ложных молниевых разрядов в эти дни могли являться электромагнитные помехи либо ошибки в программном обеспечении.

Скорее всего, наблюдалась мощная направленная электромагнитная помеха южнее станции, которая интерпретировалась системой как повторяющиеся молнии. Это не метеорологическое, а радиотехническое явление, и требует поиска источника и локальной диагностики.

Список источников

1. Мареев Е. А., Стасенко В. Н., Шаталина М. В., Дементьева С. О., Евтушенко А. А., Свечникова Е. К., Слюняев Н. Н. Российские исследования в области атмосферного электричества в 2015-2018 гг. // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2019. Т. 55. № 6. С. 79-93. EDN: TMUUZS DOI: 10.31857/S0002-351555679-93

2. Снегуров А. В. Снегуров В. С. Сравнение характеристик многопунктовых грозопеленгационных систем // Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. 2019. № 595. С. 22-62. EDN: MYZCYO

3. Савченко В. В., Кучма М. О., Бородицкая А. В. Метод фильтрации данных наземной грозорегистрационной системы Росгидромета на дальнем востоке // Материалы IX всероссийской научной

References

1. Mareev EA, Shatalina MV, Dement'eva SO, Evtushenko AA, et al. Russian studies of atmospheric electricity in 2015-2018. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics.* 2019;55(6):79-93. DOI: 10.31857/S0002-351555679-93. EDN: TMUUZS

2. Snegurov AV, Snegurov VS. Comparison of the characteristics of multipoint thunderstorm systems. *Proceedings of the Voeikov Main Geophysical Observatory.* 2019(595):22-62. EDN: MYZCYO

3. Savchenko VV, Kuchma MO, Boroditskaya AV. Method for filtering data from the ground-based lightning registration system of Roshydromet in the Far East. *Proceedings of the 9th All-Russian Scientific Conference on Atmospheric*

конференции по атмосферному электричеству (Санкт-Петербург, 29-28 сентября 2023 г.). 2023. С. 303-309. EDN: DMFPQQ

4. Nag A, Murphy MJ, Schulz W, Cummins KL. Lightning locating systems: insights on characteristics and validation techniques. *Earth and Space Science.* 2015;2:65-93. DOI:10.1002/2014EA000051

5. Аджиев А. Х., Стасенко В. Н., Тапасханов В. О. Система грозопеленгации на Северном Кавказе // Метеорология и гидрология. 2013. № 1. С. 2-11. EDN: PUJIBL

6. Жарашуев М. В. Сопоставление статистических данных грозовой и градовой активности на территории Северного Кавказа // Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. 2021. № 603. С. 145-154. EDN: ELHRVR

7. Дивинская Б. И. К вопросу о методике определения частоты гроз в пункте и на ограниченных площадях // Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. 1964. № 159. С. 79-85.

8. Жарашуев М. В. Программа автоматической обработки информации от грозопеленгаторов LS8000 // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Номер заявки: 2020662703. Дата регистрации: 21.10.2020. Дата публикации: 27.10.2020.

9. Жарашуев М. В. Цикличность градовой активности на Северном Кавказе // Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. 2020. № 598. С. 197-203. EDN: CPYBOA

10. Синькевич А. А., Попов В. Б., Абшаев А. М., Вое В. А., Pawar S. D., Михайловский Ю. П., Торопова М. Л., Gopalakrishnan V, Геккиева Ж. М. Радиолокационные характеристики конвективных облаков разных регионов при переходе в грозовую стадию // Оптика атмосферы и океана. 2020. Т. 33. № 12(383). С. 932-936. DOI: 10.15372/AOO20201205. EDN: JEGDHF

Electricity (St. Petersburg, September 29-28, 2023). 2023:303-309. EDN: DMFPQQ

4. Nag A, Murphy MJ, Schulz W, Cummins KL. Lightning locating systems: insights on characteristics and validation techniques. *Earth and Space Science.* 2015;2:65-93. DOI:10.1002/2014EA000051

5. Adzhiev AKh, Stasenko VN, Tapaskhanov VO. Lightning direction finding system in the North Caucasus. *Meteorologiya i Gidrologiya.* 2013(1):2-11. EDN: PUJIBL

6. Zharashuev MV. Comparison of statistical data on thunderstorm and hail activity in the North Caucasus. *Proceedings of the Voeikov Main Geophysical Observatory.* 2021(603):145-154. EDN: ELHRVR

7. Divinskaya BI. On the methodology for determining the frequency of thunderstorms at a point and in limited areas. *Proceedings of the Voeikov Main Geophysical Observatory.* 1964(159):79-85.

8. Zharashuev MV. Program for automatic processing of information from LS8000 Lightning Direction Finders. *Certificate of State Registration of Computer Program.* Application Number: 2020662703. Date of Registration: 21.10.2020. Date of Publication: 27.10.2020.

9. Zharashuev MV. The cyclical nature of hail activity in the North Caucasus. *Proceedings of the Voeikov Main Geophysical Observatory.* 2020(598):197-203. EDN: CPYBOA

10. Sinkevich AA, Popov VB, Abshaev AM, Boe BA, et al. Radar characteristics of Cu during their transition to thunderstorm in different regions of the world. *Optika Atmosfery i Okeana.* 2020;33(12(383):932-936. DOI: 10.15372/AOO20201205. EDN: JEGDHF

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Жарашуев Мурат Владимирович, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией технологии воздействия, Высокогорного геофизического института, Нальчик, Россия, mgk777@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Affiliation

Murat V. Zharashuev, Ph.D. (Physics and Mathematics), Head of the Impact Technology Laboratory, High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia, mgk777@mail.ru

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 24.06.2025
Одобрена после рецензирования 10.09.2025
Принята к публикации 20.10.2025

The article was submitted 24.06.2025
Approved after reviewing 10.09.2025
Accepted for publication 20.10.2025

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция принимает на рассмотрение научные статьи. Представляемые материалы должны быть оформлены в соответствии с настоящими Правилами и соответствовать тематической направленности журнала «**Известия Дагестанского государственного педагогического университета»**.

Верстка журнала осуществляется с электронных копий. Используется компьютерная обработка штриховых и полутоновых (в градациях серого) рисунков. Журнал изготавливается по технологии ризографной печати.

1. Текст статьи набирается в редакторе MS Word (с расширением .doc) шрифтом "Times New Roman" размером 14 через интервал 1,5 в формате А4. Поля текста стандартные. Все страницы должны быть пронумерованы.

2. Перед текстом статьи указываются:

индекс УДК (информацию о классификаторе УДК см. на сайтах http://teacode.com/ online/udc/ или http://www.udcc.org/) (на русском языке);

название статьи (на русском и английском языках);

фамилии и инициалы авторов, название учреждения, город, страна, эл. почта (на русском и английском языках);

резюме статьи объемом 10-15 строк, которое не должно дублировать вводный или заключительный раздел статьи (на русском и английском языках) и должно включать: цель, методы, результаты, выводы;

ключевые слова (5-10) (на русском и английском языках).

3. Изложение материала должно быть ясным и по возможности кратким. Текст и остальной материал следует тщательно выверить. Текст статьи должен быть структурирован, т. е. содержать цель исследования, материал и методы исследования, результаты и их обсуждение, заключение (выводы). Рукописи, направляемые в журнал, являются оригиналом для печати и должны являться материалом, не публиковавшимся ранее в других печатных изданиях.

4. Статьи, в которых отражаются результаты исследования, должны полностью отвечать требованиям, предъявляемым к их представлению.

5. Рисунки создаются в формате .jpg, вставляются непосредственно в текст и нумеруются в порядке их упоминания в тексте.

6. В тексте статьи все формулы набираются в редакторе Microsoft Equation 3.0, таблицы – в формате MS Word. Таблицы нумеруются в порядке их упоминания в тексте. Каждая таблица перед своим появлением должна упоминаться в тексте, например, «... (табл. 1).».

Сокращения в надписях не допускаются.

Наличие данных, по которым строится график, диаграмма.

В тексте статьи обязательно должны содержаться ссылки на иллюстративные материалы.

7. Ссылка на цитату указывается сразу после нее в квадратных скобках: сначала проставляется номер источника цитаты из пристатейного библиографического списка, затем, после запятой, номер страницы с буквой с. Например, [10, с. 81] или, если цитируемый текст переходит на следующую страницу, [10, с. 81-82]. За достоверность цитат ответственность несет автор!

8. Список литературы (с указанием всех авторов) дается в конце статьи, нумеруется (начиная с первого номера, в порядке цитирования), предваряется словом «Список источников» и оформляется согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008 (на русском, английском языках). В список литературы не включаются неопубликованные работы и учебники. Автор несет ответственность за правильность данных, приведенных в пристатейном библиографическом списке.

Перечень использованных источников должен начинаться с фамилии и инициалов автора и включать:

для книг – название, место и год издания, издательство, номер тома, страницы;

для журнальных статей – название журнала, год издания, номер тома (выпуска), страницы;

для газет – название, год, месяц, число.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

9. В конце статьи может быть указана организация (№ гранта), финансировавшая выполнение данной работы.

10. К статье прилагаются сведения об авторах на русском и английском языках:

для работников вузов/учебных организаций: Ф.И.О. полностью, ученое звание, занимаемая должность место работы (кафедра, факультет, вуз), город, страна; электронный адрес, контактные телефоны;

для аспирантов и соискателей: название кафедры, лаборатории, где проводится исследование, Ф.И.О. научного руководителя и его разрешение к публикации, город, страна; электронный адрес, контактные телефоны.

11. Статья должна быть представлена в электронном виде (в редакционно-издательский отдел ДГПУ или электронной почтой dgpurio@yandex.ru), а также в печатном варианте (в 2-х экземплярах на одной стороне листа формата А4), подписанном всеми авторами, для аспирантов и соискателей – и научным руководителем.

Решение о публикации статьи или материала принимается редколлегией журнала. При наличии замечаний к рукописи она возвращается для доработки. Редакция оставляет за собой право отправить рукописи статей на независимую экспертизу. При публикации статьи авторские права передаются редакции журнала.

Редакция оказывает платные услуги научного и технического редактирования текста статьи, перевода библиографического списка (References), аннотации и ключевых слов на английский язык.

ОБЪЯВЛЕНА ПОДПИСКА

на ЖУРНАЛ
«ИЗВЕСТИЯ ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА»

ПО КАТАЛОГУ «ПОЧТА РОССИИ»
ИНДЕКС
51323 – ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ
51392 – ОБЩЕСТВЕННЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ
31173 – ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПО ОБЪЕДИНЕННОМУ КАТАЛОГУ «ПРЕССА РОССИИ»
ИНДЕКС
38653 – ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ
38657 – ОБЩЕСТВЕННЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ
38652 – ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научный журнал

Известия Дагестанского государственного педагогического университета
серия «Естественные и точные науки»
Т. 19. № 3. 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. 13,72. Уч.-изд. л. 9. 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 ДГТУ.
Серия "Естественные и точные науки"

to confirm the attendance and presentation to the joint Scopus CSAB and Russian RCAB meeting.
At this meeting, compliance with international standards and selection criteria of the Scopus database, were discussed by experts of Scopus CSAB and Russian RCAB. This meeting took place during the 5th International Scientific and Practical Conference «World-Class Scientific Publication - 2016: Publishing Ethics, Peer-Review and Content Preparation»
(May 17, 2016 – May 20, 2016)

May 17-20, 2016

RANEPA
Moscow, Russia

K. Holland

Karen Holland
Scopus CSAB Subject Chair

ЗНАК КАЧЕСТВА
АНРИ

Kirillova

Olga V. Kirillova
Russian CSAB Chair, president ASEP

Журнал индексируется в библиометрических базах и размещается на платформах:



ISSN 1995-0675