

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

T. 20. № 1. 2026
Vol. 20. No. 1. 2026

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)

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

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 Дийорович, д-р биол. наук, проф., гл. науч. сотр. лаборатории экологии животных Прикаспийского института биологических ресурсов ДФИЦ РАН, чл.-корр. РАН, Махачкала, Россия;
Миннаев Магомед Шавалович, д-р техн. наук, проф., ректор ГГНТУ им. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия;
Муртазаев Акай Курбанович, д-р физ.-мат. наук, проф., директор ДФИЦ РАН, академик РАН, Махачкала, Россия;
Мухаббетов Холназар Мухаббетович, 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 Охридского, 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. Исфahanского университета, Исфahan, Иран;
Чертко Николай Константинович, д-р геогр. наук, проф. каф. почвоведения и земельных информационных систем, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь;
Чибилов 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 Загирбек 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 МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия;
Булаева Нуржиган Мансоевна, 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;
Гуля 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 Ризван Османович, д-р геогр. наук, проф. каф. экономики АПК, КБАУ им. В. М. Коккова, Нальчик, Россия;
Клишханов Нисред Кадилович, д-р биол. наук, проф. каф. биохимии и биофизики ДГУ, Махачкала, Россия;
Кочкарков Жамал Ахматович, д-р хим. наук, проф. каф. общей, неорганической и физической химии КБГУ, Нальчик, Россия;
Куrolап 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 вулканопасности Института морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия;
Мудуев Шахмардан Ситикович, 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 Нухали 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 географии и твердого минерального сырья Института геологии ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия.

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
JOURNAL
Natural and Exact Sciences

Vol. 20. No. 1. 2026

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 – Geocology (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 ПИИ № ФС77-65760 from May 20, 2016.

Editorial Council

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, Director 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 Researcher, laboratory of Animals' Ecology, IBIR DFRC RAS, Corresponding Member of RAS, Makhachkala, Russia;
Mintaev Magomed Sh., Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of GSOTU, Grozny, Russia;
Murtazaev Akay K., Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Acting Chairman of DFRC RAS, Academician of RAS, Makhachkala, Russia;
Mukhabbatov Kholnazar M., Doctor of Geography, Professor, Department of Teaching Geography and Tourism Methods, Sadridin 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 Rumon P., Doctor of Geography, Professor, Department of Landscape Ecology and Environmental Protection, Sofia University "St. Kliment Ohridski", Sofia, Bulgaria;
Taltonov 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 Board

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;
Gasanaliyev 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 Geocology, 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 Geocology, 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, Geocology 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, Yurga 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 30.04.2026
Published 19.05.2026

© Authors of the articles, 2026
© Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, 2026

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

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Аджирахметова С. Л., Поздняков Д. И., Оганесян Э. Т.</i> КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ ПОЛИСАХАРИДОВ И МОНОСАХАРИДОВ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ В ЛИСТЬЯХ <i>VISCUM ALBUM</i> L.	5
<i>Гасаналиева П. Н., Гимбатдибиров М. Г., Гасаналиев А. М., Расулов А. И.</i> ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТРОЙНОЙ ВЗАИМНОЙ СИСТЕМЫ Li, Ca // NO ₃ , WO ₄	16

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

<i>Атаев З. В., Хусаинов И. М.</i> ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПАСПОРТИЗАЦИИ МАРШРУТА «БОЛЬШАЯ СУЛАКСКАЯ ТРОПА» В ГОРНОМ ДАГЕСТАНЕ	23
<i>Барцыц Л. М., Гадиятов В. Г.</i> РЕКРЕАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ АБХАЗИИ: ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ И ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ	32
<i>Волкова Т. А., Мелконянц А. А., Жаворонков Д. В.</i> ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ УНИКАЛЬНЫХ БЕРЕГОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ: ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ РИСКИ	42
<i>Иващенко В. Э., Волкова Т. А., Анисимова В. В., Жаворонков Д. В.</i> ИМИДЖЕВЫЕ СОБЫТИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ГЕОКУЛЬТУРНОГО БРЕНДИНГА РЕГИОНА: К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОБРАЗА	52
<i>Липина Л. Н., Кононов Ю. В.</i> ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ: ОПЫТ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО РАЙОНА ХАБАРОВСКА	64
<i>Михайлов С. С.</i> РЕГИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРВИЧНОЙ ИНВАЛИДИЗАЦИИ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	73
<i>Панютин Н. А., Дмитриев В. В., Манвелова А. Б.</i> УЧЕТ ДЕФИЦИТА ИНФОРМАЦИИ В ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ ПРИРОДНОЙ СИСТЕМЫ	88
<i>Расулзаде В. М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГИИ ВОЛН В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО СЕКТОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ	105

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	117
----------------------------------	-----

CONTENTS

CHEMICAL SCIENCES

- Adzhiakhmetova S. L., Pozdnyakov D. I., Oganessian E. T.* QUANTITATIVE DETERMINATION OF THE TOTAL POLYSACCHARIDES AND MONOSACCHARIDES BY SPECTROPHOTOMETRIC METHODS IN THE LEAVES OF *VISCUM ALBUM* L. 5
- Gasanalieva P. N., Gimbatdibirova M. G., Gasanaliev A. M., Rasulov A. I.* PHASE DIAGRAM AND THERMODYNAMIC PROPERTIES OF THE TERNARY RECIPROCAL SYSTEM Li, Ca // NO₃, WO₄..... 16

EARTH SCIENCE

- Ataev Z. V., Khusainov I. M.* GEOSPATIAL TECHNOLOGIES FOR DESIGN AND PASSPORTING OF THE “GREAT SULAK TRAIL” IN MOUNTAIN DAGESTAN 23
- Bartsyts L. M., Gadiyatov V. G.* RECREATIONAL RESOURCES OF ABKHAZIA: MAIN COMPONENTS AND THEIR FUNCTIONALITY 32
- Volkova T. A., Melkonyants A. A., Zhavoronkov D. V.* PREREQUISITES FOR THE FORMATION OF CURRENT UNIQUE COASTAL LANDSCAPES ON THE BLACK SEA COAST OF THE KRASNODAR TERRITORY: NATURAL AND ANTHROPOGENIC RISKS 42
- Ivashenko V. E., Volkova T. A., Anisimova V. V., Zhavoronkov D. V.* IMAGE-BUILDING EVENTS AS A TOOL FOR REGIONAL GEOCULTURAL BRANDING: ON THE FORMATION OF A SUSTAINABLE TERRITORIAL IMAGE 52
- Lipina L. N., Kononov Yu. V.* TERRITORIAL PLANNING OF THE URBAN ENVIRONMENT: THE EXPERIENCE OF COMPREHENSIVE DEVELOPMENT OF THE ZHELEZNODOROZHNY DISTRICT IN Khabarovsk 64
- Mikhailov S. S.* REGIONAL ANALYSIS OF CHILD POPULATION’S PRIMARY DISABILITY IN THE REPUBLIC OF BELARUS 73
- Panyutin N. A., Dmitriev V. V., Manvelova A. B.* ACCOUNTING FOR INFORMATION DEFICIT IN THE INTEGRAL ASSESSMENT OF THE NATURAL SYSTEM’S ECOLOGICAL WELL-BEING 88
- Rasulzadeh V. M.* EVALUATION OF WAVE ENERGY POTENTIAL IN THE ABSHERON COASTAL ZONE OF THE CASPIAN SEA 105

RULES FOR AUTHORS 117

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Химические науки / Chemical Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 547.458:582.942
DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-5-15
EDN: EVNTWL

Количественное определение суммы полисахаридов и моносахаридов спектрофотометрическими методами в листьях *Viscum album* L.

©2026 **Аджиахметова С. Л.** ✉, Поздняков Д. И., Оганесян Э. Т.

Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал
Волгоградского государственного медицинского университета
Пятигорск, Россия, similla503@mail.ru ✉,
pozdniackow.dmitry@yandex.ru, edwardov@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Гравиметрический метод количественного анализа полисахаридов имеет ряд недостатков, а спектрофотометрические методы с пикриновой кислотой и антроном обеспечивают более точное и быстрое определение содержания полисахаридов в растительных объектах. **Целью** работы явился сравнительный анализ содержания полисахаридов спектрофотометрическими методами в листьях омелы белой (*Viscum album*). **Методы.** Объектом исследования явились листья *V. album*. Использовали спектрофотометрический метод с пикриновой кислотой и антронсерным реактивом. **Результаты.** Суммарное содержание полисахаридов и свободных моносахаридов в пересчете на глюкозу при использовании пикриновой кислоты оказалось в 2,4-4,9 раза выше в зависимости от дерева-хозяина, чем с антронсерным реактивом. Установили, что содержание полисахаридов и свободных моносахаридов после кислотного гидролиза в листьях *V. album*, собранных с различных растений-хозяев, колеблется от $2,48 \pm 0,08 \%$ до $5,77 \pm 0,14 \%$. **Выводы.** Проведен сравнительный анализ результатов количественного определения полисахаридов спектрофотометрическими методами с пикриновой кислотой и антроном в листьях *V. album*. Установлено, что более универсальным является метод с использованием антронсерного реактива.

Ключевые слова: листья омелы белой (*Viscum album* L.), полисахариды, пикриновая кислота, антрон, спектрофотометрия.

Формат цитирования: Аджиахметова С. Л., Поздняков Д. И., Оганесян Э. Т. Количественное определение суммы полисахаридов и моносахаридов спектрофотометрическими методами в листьях *Viscum album* L. // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2026. Т. 20. № 1. С. 5-15. DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-5-15. EDN: EVNTWL

Quantitative Determination of the Total Polysaccharides and Monosaccharides by Spectrophotometric Methods in the Leaves of *Viscum album* L.

©2026 Similla L. Adzhiakhmetova ✉,

Dmitry I. Pozdnyakov, Eduard T. Oganessian

Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute –

Branch of Volgograd State Medical University

Pyatigorsk, Russia, similla503@mail.ru ✉,

pozdniackow.dmitry@yandex.ru, edwardov@mail.ru

ABSTRACT. Gravimetric methods for the quantitative analysis of polysaccharides have several drawbacks, while spectrophotometric methods using picric acid and anthrone provide a more accurate and rapid determination of polysaccharide content in plant samples. The **aim** of the work was a comparative analysis of the polysaccharides content using spectrophotometric methods in the leaves of white *Viscum album*. **Methods.** The research involved *V. album* leaves. It was used a spectrophotometric method with picric acid and antronsulfur reagent. **Results.** The total content of polysaccharides and free reducing monosaccharides expressed as glucose was significantly higher using picric acid (2,4 to 4,9 times, depending on the host tree) than with the anthronesulfur reagent. We found that the polysaccharide and free monosaccharide content of *V. album* leaves collected from various host plants after acid hydrolysis ranged from $2,48 \pm 0,08$ % to $5,77 \pm 0,14$ %. **Conclusions.** A comparative analysis of the results in quantitative determination of polysaccharides by spectrophotometric methods with picric acid and anthrone in the leaves of *V. album* was carried out. The method using anthronesulfur reagent was found to be more versatile.

Keywords: *Viscum album* L., polysaccharides, picric acid, anthrone, spectrophotometry.

For citation: Adzhiakhmetova SL, Pozdnyakov DI, Oganessian ET. Quantitative Determination of the Total Polysaccharides and Monosaccharides by Spectrophotometric Methods in the Leaves of *Viscum album* L. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2026;20(1):5-15. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-5-15. EDN: EVNTWL

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется полисахаридам как важному классу биологически активных соединений. Полисахариды обладают высокой биологической активностью: противоопухолевой, антивирусной, иммунорегуляторной, антиоксидантной и гипогликемической [1; 2]. Для разработки природных антиоксидантов изучается антиоксидантная активность полисахаридов и их производных [3-5].

Обнаружено, что полисахариды бурой морской водоросли (*Sargassum fusiforme* (Harvey) Setchell) обладают способностью нейтрализовать радикалы 2,2-дифенил-1-пикрилгидразида (DPPH), гидроксильные радикалы и радикалы 2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновая кислота) (ABTS). Также было обнаружено, что эти полисахаридные фракции эффективно снижают уровень активных форм кислорода (АФК) и повышают активность супероксиддисмутазы (СОД) в клетках линии мышиных макрофагоподобных клеток (RAW264.7), подвергшихся окислительному стрессу, вызванному H_2O_2 .

Анализируемые полисахариды потенциально являются природным нетоксичным антиоксидантом [6].

При исследовании полисахаридов *Ischnoderma resinosum* (Schrud.) установлено, что они нейтрализуют свободные радикалы и могут обладать потенциальными антиоксидантными свойствами на клеточном уровне. Результаты исследования показали, что анализируемые полисахариды значительно снижали гемолиз эритроцитов, вызванный 2,2'-азобис(2-метилпропионамидин) дигидрохлорид (AAPH), посредством ингибирования образования активных форм кислорода (АФК) [7].

Ранее нами было обнаружено, что курсовое введение пектиновых веществ листьев *V. album* способствует снижению концентрации фактора некроза опухоли- α , интерлейкина-6, интерлейкина-1, таубелка и когнитивного дефицита. Это позволяет предположить наличие нейропротекторной активности у анализируемых пектиновых веществ [8].

Гравиметрический метод количественного анализа полисахаридов имеет ряд

недостатков, таких как длительность процесса, низкая селективность, а также их неполное осаждение [9].

Широко используемые спектрофотометрические методы определения полисахаридов с применением пикриновой кислоты и антрона обеспечивают более точное, быстрое определение содержания этих соединений в растительных объектах.

Целью работы является количественный анализ полисахаридов в листьях *V. album* спектрофотометрическими методами.

Материалы и методы исследования

Объект исследования – листья *V. album*, собранные с яблони домашней (*Malus domestica* Borkh.) (*V. album* Md); яблони лесной (*Malus sylvestris* (L.) Mill. (*V. album* Ms); груши обыкновенной (*Pyrus communis* L.) (*V. album* Pc₁) и (*V. album* Pc₂); тополя черного (*Populus nigra* L.) (*V. album* Pn₁) и (*V. album* Pn₂); клена полевого (*Acer campestre* L.) (*V. album* Ac); ивы козьей (*Salix caprea* L.) (*V. album* Sc). Объем аликвоты – 2,0 мл.

Пикриновый метод [9; 10].

Содержание суммы полисахаридов и свободных сахаров в процентах (X) в пе-

ресчете на стандартный образец (СО) глюкозы вычисляли по формуле 1:

$$X_{\%} = \frac{A_x \cdot W'_x \cdot W''_x \cdot W'''_x \cdot a_0 \cdot V'_{a0} \cdot V''_{a0} \cdot 100 \cdot P}{a_x \cdot V'_{ax} \cdot V''_{ax} \cdot A_0 \cdot W'_0 \cdot W''_0 \cdot W'''_0 \cdot (100 - W)}; \quad (1)$$

где A_x и A_{cm} – оптическая плотность анализируемого раствора и СО глюкозы; a_x и a_0 – навеска сырья и навеска СО глюкозы, г; W_x , W_0 и V_{ax} , V_{a0} – объемы мерных колб и аликвоты, мл; P – концентрация глюкозы в СО, 99 %.

Антроновый метод [11; 12].

Содержание полисахаридов в процентах (X) в пересчете на глюкозу вычисляют по формуле 2:

$$X_{\%} = \frac{C \cdot W'_x \cdot W''_x \cdot 100 \cdot P}{a_x \cdot V'_{ax} \cdot 10^6 (100 - W)}; \quad (2)$$

где C – количество СО глюкозы, найденное по калибровочному графику, мкг/мл; a_x – масса навески сырья, в г.; 10^6 – пересчет микрограммов в граммы; W_x , W_0 и V_{ax} , V_{a0} – объемы мерных колб и аликвоты, мл; W – потеря в массе при высушивании сырья, в %.

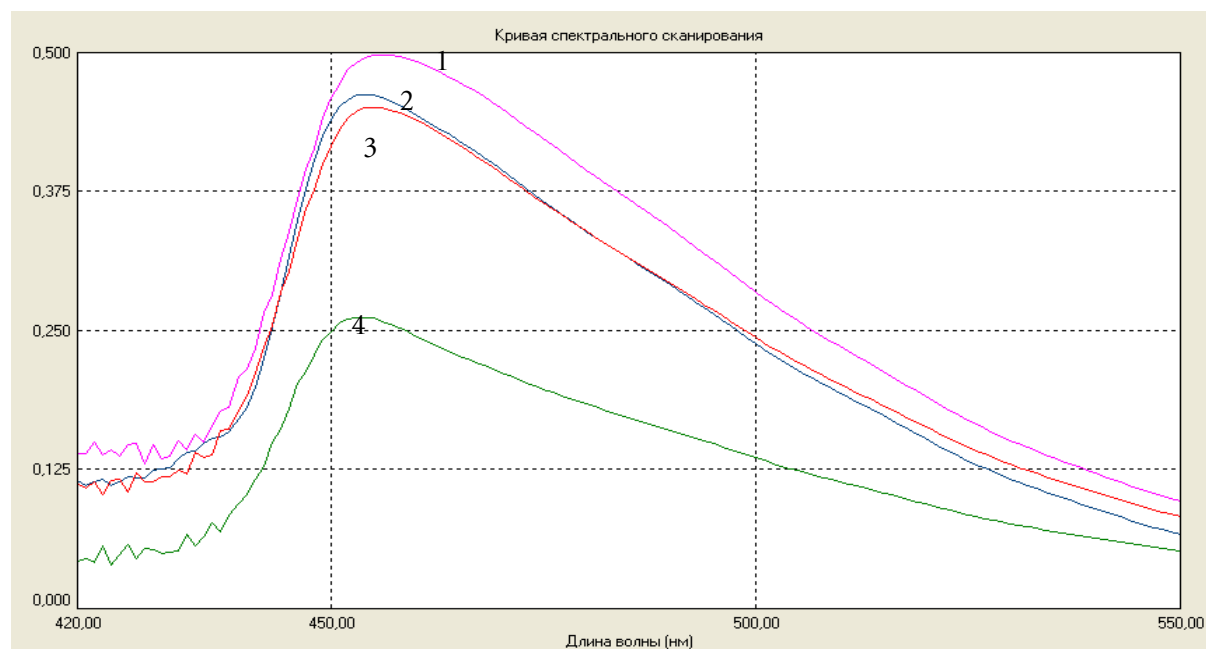


Рис. 1. УФ-спектры поглощения продуктов реакции анализируемых извлечений в условиях кислотного гидролиза с пикриновой кислотой

Примечание: образцы листьев *V. album*, собранные осенью (1), зимой (2), весной (3) и летом (4).

Fig. 1. UV absorption spectra of the reaction products

of the analyzed extracts under conditions of acid hydrolysis with picric acid

Note: *V. album* leaf samples collected in autumn (1), winter (2), spring (3) and summer (4).

Таблица 1. Содержание суммы полисахаридов в зависимости от фаз вегетации
Table 1. The content of the total polysaccharides depending on the phases of vegetation

Название сырья: листья <i>V. album</i> , собранные: Raw material: <i>V. album</i> leaves, collected:	Осенью Fall	Зимой Winter	Весной Spring	Летом Summer
Сумма полисахаридов и свободных моносахаридов, % (после гидролиза) (n = 6)	$\bar{X} = 11,51 \pm 0,42$ $S = 0,3993$ $\bar{S} = 0,1630$ $\varepsilon = 3,64 \%$	$\bar{X} = 10,50 \pm 0,30$ $S = 0,2871$ $\bar{S} = 0,1172$ $\varepsilon = 2,87 \%$	$\bar{X} = 6,62 \pm 0,15$ $S = 0,1442$ $\bar{S} = 0,0589$ $\varepsilon = 2,25 \%$	$\bar{X} = 10,53 \pm 0,27$ $S = 0,2551$ $\bar{S} = 0,1041$ $\varepsilon = 2,54 \%$

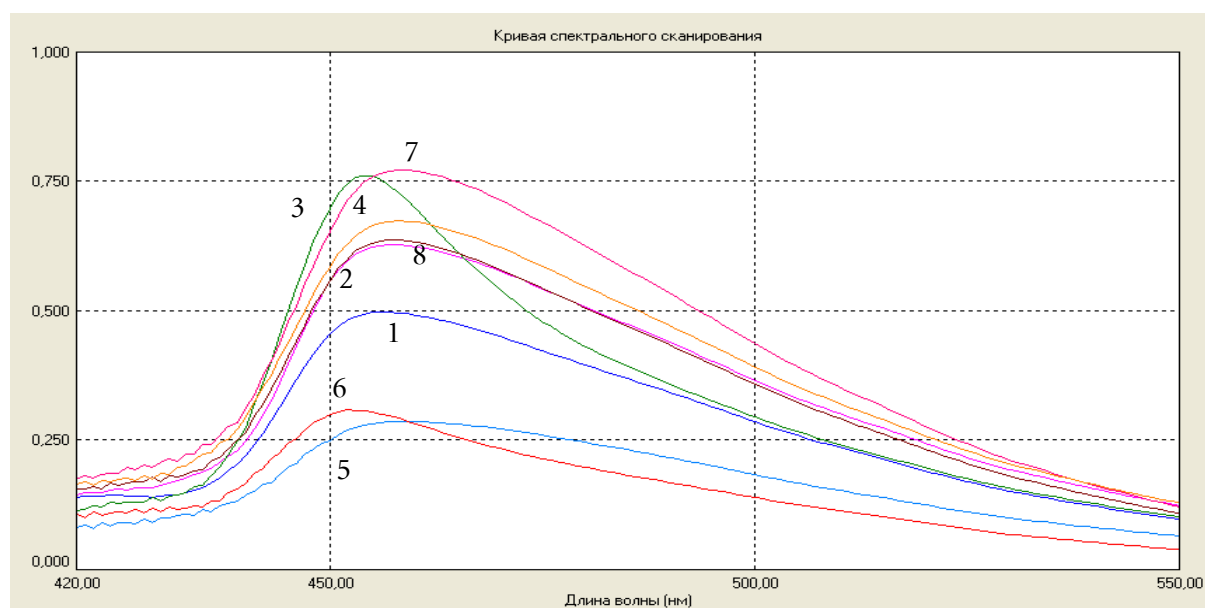


Рис. 2. УФ-спектры поглощения продуктов реакции извлечений из омелы белой с пикриновой кислотой в условиях кислотного гидролиза, произрастающей на:
**1 – *V. album* Md; 2 – *V. album* Ms; 3 – *V. album* Pc₁; 4 – *V. album* Pc₂; 5 – *V. album* Pn₁;
 6 – *V. album* Pn₂; 7 – *V. album* Ac; 8 – *V. album* Sc**

Fig. 2. UV absorption spectra of the reaction products of *V. album* extracts with picric acid under conditions of acid hydrolysis growing on: 1 – *V. album* Md; 2 – *V. album* Ms; 3 – *V. album* Pc₁; 4 – *V. album* Pc₂; 5 – *V. album* Pn₁; 6 – *V. album* Pn₂; 7 – *V. album* Ac; 8 – *V. album* Sc

Результаты и их обсуждение

Максимум поглощения в диапазоне 454-462 нм при взаимодействии водных извлечений до и после гидролиза из листьев *V. album* с пикриновой кислотой, который также наблюдается у СО глюкозы. УФ-спектры представлены на рисунке 1, а результаты количественного определения – в таблице 1.

В осенний период содержание полисахаридов примерно 1,7 раза выше, чем в перезимовавших листьях. Это может быть связано с тем, что углеводы расходуются на поддержание метаболизма в листьях в

зимнее время. Летом обнаружена активизация биосинтеза полисахаридов, а в осенний период наблюдается их последовательное накопление [13-15].

Экспериментально было установлено содержание суммы полисахаридов и свободных моносахаридов в листьях *V. Album* в условиях кислотного гидролиза и без гидролиза. Обнаружено высокое содержание полисахаридов в извлечениях из *V. album* Pc₁ и *V. album* Ac, которое составило $16,86 \pm 0,61 \%$ и $17,11 \pm 0,68 \%$ соответственно (рис. 2, табл. 2).

Таблица 2. Результаты определения суммы полисахаридов в зависимости от дерева-хозяина с пикриновой кислотой

Table 2. Results of determination of the total polysaccharides depending on the host tree with picric acid

Объекты исследования: листья омелы, произрастающие на Research subjects: Mistletoe leaves grown on	Сумма полисахаридов и свободных моносахаридов, % (после гидролиза) (n = 6) Total polysaccharides and free monosaccharides, % (after hydrolysis) (n = 6)	Сумма простых сахаров (до гидролиза), % (n = 6) Total simple sugars (before hydrolysis), % (n = 6)
<i>V. album Md</i>	$\bar{X} = 11,36 \pm 0,35$ $S = 0,3610$ $\bar{S} = 0,1364$ $\epsilon = 3,09 \%$	$\bar{X} = 4,02 \pm 0,15$ $S = 0,1573$ $\bar{S} = 0,0594$ $\epsilon = 3,80 \%$
<i>V. album Ms</i>	$\bar{X} = 14,46 \pm 0,43$ $S = 0,4416$ $\bar{S} = 0,1669$ $\epsilon = 2,97 \%$	$\bar{X} = 3,99 \pm 0,12$ $S = 0,1218$ $\bar{S} = 0,0450$ $\epsilon = 2,97 \%$
<i>V. album Pc₁</i>	$\bar{X} = 16,86 \pm 0,61$ $S = 0,6251$ $\bar{S} = 0,2363$ $\epsilon = 3,60 \%$	$\bar{X} = 5,06 \pm 0,19$ $S = 0,1989$ $\bar{S} = 0,0752$ $\epsilon = 3,93 \%$
<i>V. album Pc₂</i>	$\bar{X} = 14,60 \pm 0,59$ $S = 0,6105$ $\bar{S} = 0,2307$ $\epsilon = 4,06 \%$	$\bar{X} = 5,24 \pm 0,17$ $S = 0,1718$ $\bar{S} = 0,0649$ $\epsilon = 3,18 \%$
<i>V. album Pn₁</i>	$\bar{X} = 6,81 \pm 0,25$ $S = 0,2589$ $\bar{S} = 0,0979$ $\epsilon = 3,69 \%$	$\bar{X} = 2,79 \pm 0,12$ $S = 0,1215$ $\bar{S} = 0,0459$ $\epsilon = 4,24 \%$
<i>V. album Pn₂</i>	$\bar{X} = 7,01 \pm 0,30$ $S = 0,3132$ $\bar{S} = 0,1184$ $\epsilon = 4,34 \%$	$\bar{X} = 2,70 \pm 0,11$ $S = 0,1059$ $\bar{S} = 0,0432$ $\epsilon = 4,12 \%$
<i>V. album Ac</i>	$\bar{X} = 17,11 \pm 0,68$ $S = 0,7050$ $\bar{S} = 0,2665$ $\epsilon = 4,00 \%$	$\bar{X} = 6,37 \pm 0,21$ $S = 0,1966$ $\bar{S} = 0,0803$ $\epsilon = 3,24 \%$
<i>V. album Sc</i>	$\bar{X} = 15,8 \pm 0,69$ $S = 0,7055$ $\bar{S} = 0,2666$ $\epsilon = 4,34 \%$	$\bar{X} = 5,14 \pm 0,19$ $S = 0,1855$ $\bar{S} = 0,0757$ $\epsilon = 3,79 \%$

Определено содержание суммы полисахаридов и свободных моносахаридов после гидролиза, максимальное содержание свободных моносахаридов составило $6,37 \pm 0,21 \%$ в извлечениях из *V. album Ac*.
Антронсерный метод.

Суммарное содержание полисахаридов с применением антронсерного реактива в условиях гидролиза и без гидролиза проводили в пересчете на глюкозу [16]. Со-

держание суммы полисахаридов представлено в таблице 3, УФ-спектры – на рисунке 3.

Содержание полисахаридов в перезимовавших листьях весной было примерно в 1,4 раза ниже, чем в осенний период. В летний и осенний периоды наблюдали последовательную активизацию накопления [13; 14].

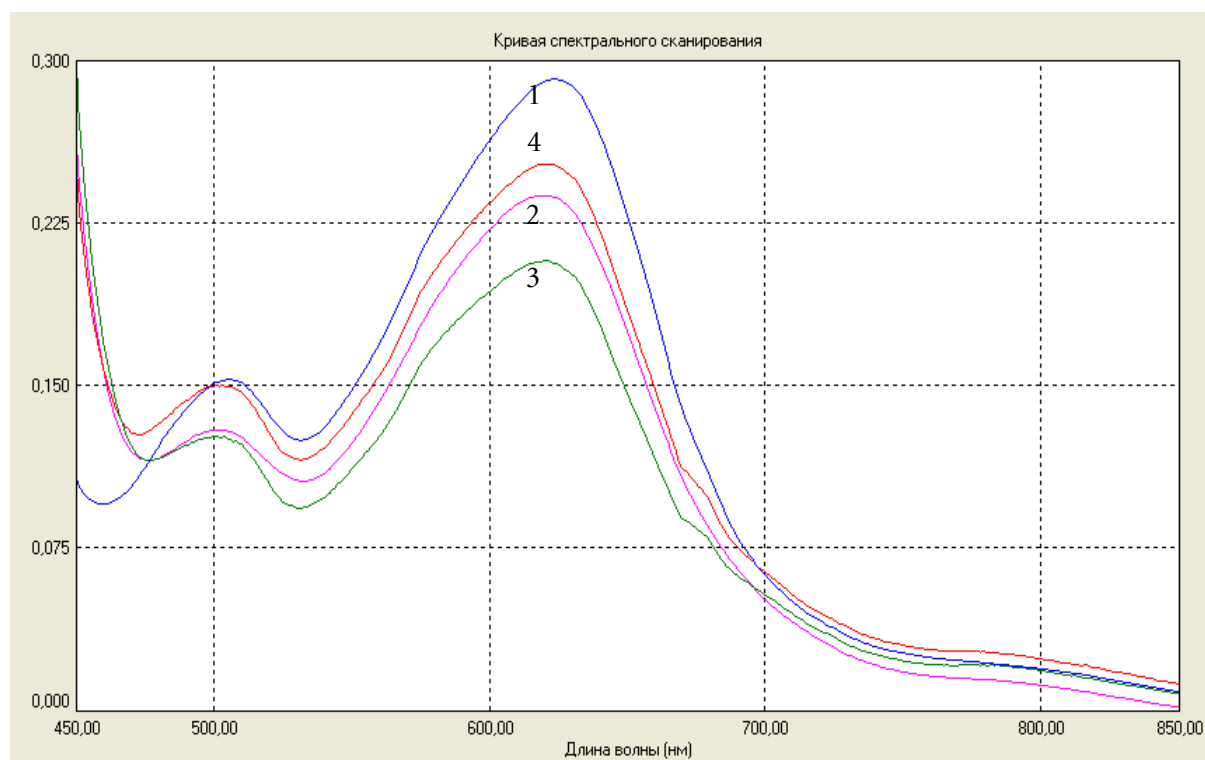


Рис. 3. УФ-спектры поглощения продуктов реакции анализируемых извлечений в условиях кислотного гидролиза с антроновым реактивом

Примечание: образцы листьев *V. album*, собранные осенью (1), зимой (2), весной (3) и летом (4).

Fig. 3. UV absorption spectra of the reaction products of the analyzed extracts under conditions of acid hydrolysis with an anthrone reagent

Note: *V. album* leaf samples collected in autumn (1), winter (2), spring (3) and summer (4).

Таблица 3. Результаты определения суммы полисахаридов и свободных простых моносахаридов в зависимости от фаз вегетации в листьях *V. album*

Table 3. Results of determining the total polysaccharides and free simple monosaccharides depending on the vegetation phases in the leaves of *V. album*

Название сырья: листья <i>V. album</i> , собранные Raw material: <i>V. album</i> leaves, collected:	Осенью Autumn	Зимой Winter	Весной Spring	Летом Summer
Сумма полисахаридов и свободных простых сахаров, % (после гидролиза) (n = 6)	$\bar{X} = 2,94 \pm 0,11$ $S = 0,1091$ $\bar{S} = 0,0445$ $\epsilon = 3,86 \%$	$\bar{X} = 2,35 \pm 0,08$ $S = 0,0737$ $\bar{S} = 0,0301$ $\epsilon = 3,29 \%$	$\bar{X} = 2,08 \pm 0,06$ $S = 0,0574$ $\bar{S} = 0,0234$ $\epsilon = 2,89 \%$	$\bar{X} = 2,54 \pm 0,03$ $S = 0,0243$ $\bar{S} = 0,0099$ $\epsilon = 1,01 \%$

Далее нами определена сумма полисахаридов и свободных моносахаридов в листьях *V. album*. Результаты определения представлены в таблице 4, а УФ-

спектры анализируемых извлечений с антроносерным реактивом представлены на рисунке 4.

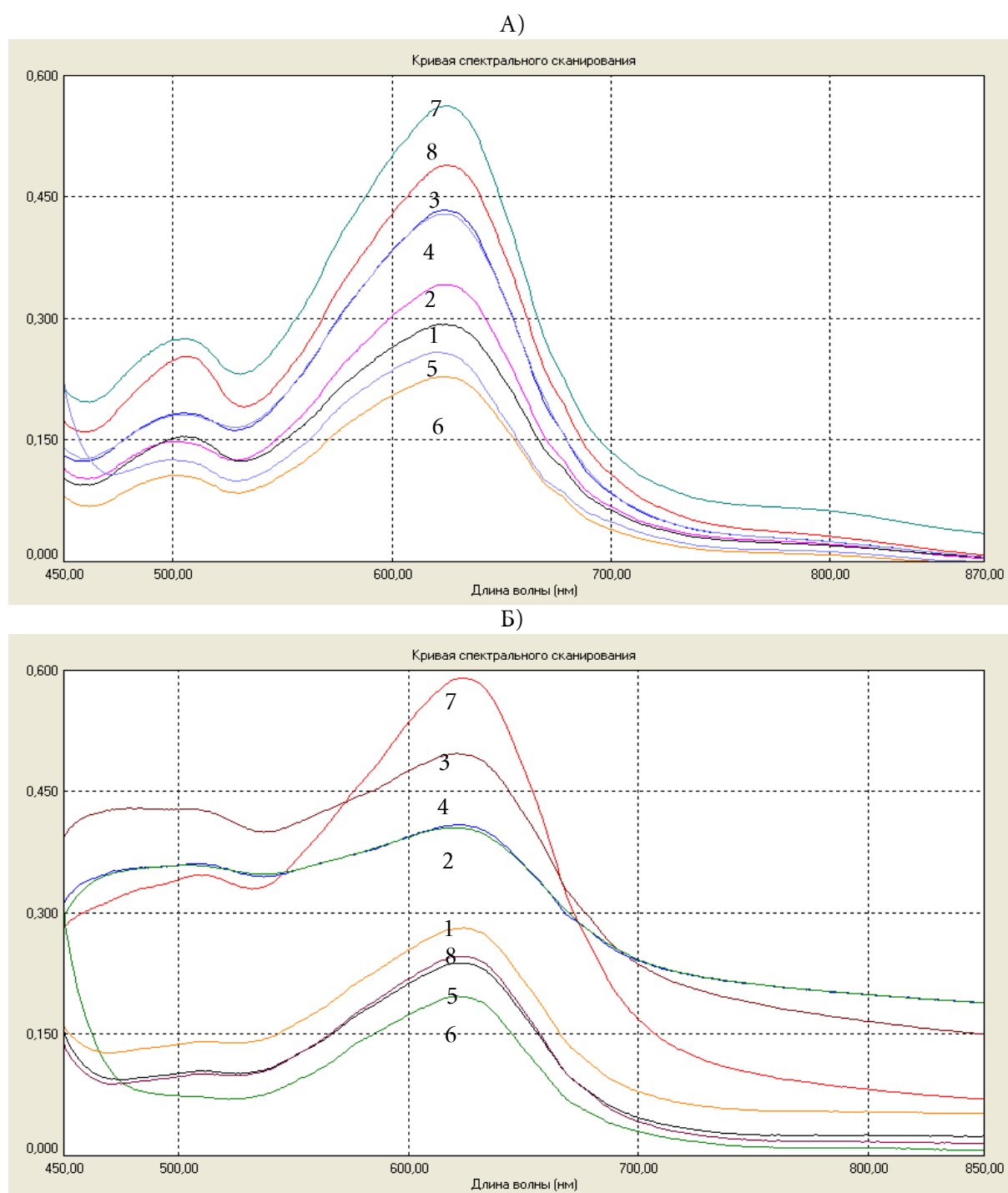


Рис. 4. УФ-спектры поглощения продуктов реакции извлечений из омелы белой, произрастающей на: 1 – *V. album* Md; 2 – *V. album* Ms; 3 – *V. album* Pc₁; 4 – *V. album* Pc₂; 5 – *V. album* Pn₁; 6 – *V. album* Pn₂; 7 – *V. album* Ac; 8 – *V. album* Sc, полученных с антроном;
А) после гидролиза, Б) до гидролиза

Fig. 4. UV absorption spectra of the reaction products of extracts from mistletoe growing on:
1 – *V. album* Md; 2 – *V. album* Ms; 3 – *V. album* Pc₁; 4 – *V. album* Pc₂; 5 – *V. album* Pn₁;
6 – *V. album* Pn₂; 7 – *V. album* Ac; 8 – *V. album* Sc, obtained with anthrone;
А) after hydrolysis, Б) before hydrolysis

Таблица 4. Результаты определения суммы полисахаридов и свободных моносахаридов с антронсерным реактивом
Table 4. Results of determination of the total polysaccharides and free simple monosaccharides with antronsulfur reagent

Объекты исследования: листья омелы, произрастающей на Research subjects: Mistletoe leaves grown on	Сумма полисахаридов и свободных моносахаридов, % (после гидролиза) (n = 6) Total polysaccharides and free monosaccharides, % (after hydrolysis) (n = 6)	Сумма простых сахаров (до гидролиза), % (n = 6) Total simple sugars (before hydrolysis), % (n = 6)
<i>V. album Md</i>	$\bar{X} = 2,92 \pm 0,08$ $S = 0,0782$ $\bar{S} = 0,0319$ $\varepsilon = 2,81 \%$	$\bar{X} = 1,16 \pm 0,04$ $S = 0,0385$ $\bar{S} = 0,0157$ $\varepsilon = 3,48 \%$
<i>V. album Ms</i>	$\bar{X} = 3,49 \pm 0,07$ $S = 0,0663$ $\bar{S} = 0,0271$ $\varepsilon = 1,99 \%$	$\bar{X} = 1,76 \pm 0,06$ $S = 0,0609$ $\bar{S} = 0,0249$ $\varepsilon = 3,64 \%$
<i>V. album Pc₁</i>	$\bar{X} = 4,46 \pm 0,11$ $S = 0,1023$ $\bar{S} = 0,0418$ $\varepsilon = 2,40 \%$	$\bar{X} = 2,15 \pm 0,05$ $S = 0,0516$ $\bar{S} = 0,0211$ $\varepsilon = 2,52 \%$
<i>V. album Pc₂</i>	$\bar{X} = 4,40 \pm 0,07$ $S = 0,0634$ $\bar{S} = 0,0259$ $\varepsilon = 1,51 \%$	$\bar{X} = 1,69 \pm 0,07$ $S = 0,0625$ $\bar{S} = 0,0255$ $\varepsilon = 3,87 \%$
<i>V. album Pn₁</i>	$\bar{X} = 2,48 \pm 0,08$ $S = 0,0722$ $\bar{S} = 0,0295$ $\varepsilon = 3,05 \%$	$\bar{X} = 0,81 \pm 0,02$ $S = 0,0193$ $\bar{S} = 0,0079$ $\varepsilon = 2,49 \%$
<i>V. album Pn₂</i>	$\bar{X} = 2,28 \pm 0,08$ $S = 0,0748$ $\bar{S} = 0,0306$ $\varepsilon = 3,44 \%$	$\bar{X} = 0,97 \pm 0,01$ $S = 0,0141$ $\bar{S} = 0,0058$ $\varepsilon = 1,53 \%$
<i>V. album Ac</i>	$\bar{X} = 5,77 \pm 0,14$ $S = 0,1353$ $\bar{S} = 0,0552$ $\varepsilon = 2,46 \%$	$\bar{X} = 2,49 \pm 0,08$ $S = 0,0776$ $\bar{S} = 0,0317$ $\varepsilon = 3,27 \%$
<i>V. album Sc</i>	$\bar{X} = 5,10 \pm 0,07$ $S = 0,0681$ $\bar{S} = 0,0278$ $\varepsilon = 1,40 \%$	$\bar{X} = 1,05 \pm 0,04$ $S = 0,0361$ $\bar{S} = 0,0148$ $\varepsilon = 3,60 \%$

Содержание полисахаридов и свободных моносахаридов в листьях *V. album*, собранных с различных растений-хозяев, после кислотного гидролиза колеблется от $2,48 \pm 0,08 \%$ до $5,77 \pm 0,14 \%$.

В основе пикринового метода лежит цветная реакция восстановления моносахаридами нитрогруппы в аминокпикриновой кислоте [14]. Суммарное содержание полисахаридов и свободных восстанавливающих моносахаридов в пересчете на глюкозу при использовании

пикриновой кислоты оказалось в 2,4-4,9 раза выше в зависимости от дерева-хозяина, чем с антронсерным реактивом. Полученные результаты оказались завышенными ввиду химической неизбирательности пикриновой кислоты, так как анализируемые извлечения содержат и другие соединения разной химической природы, способные вступать в редокс-процессы, что согласуется с данными литературы [14; 16].

Заключение

В ходе работы нами проведена сравнительная оценка спектрофотометрических методов количественного определения

полисахаридов с пикриновой кислотой и антроном.

Установлено, что более универсальным методом является метод с использованием антронсерного реактива.

Список источников

1. Yu Y, Shen M, Song Q, Xie J. Biological activities and pharmaceutical applications of polysaccharide from natural resources: a review. *Carbohydrate Polymers*. 2017;183(22):91-101. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.12.009
2. Tang Z, Huang G. Extraction, structure, and activity of polysaccharide from Radix Astragali. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2022;150(1):113015. DOI: 10.1016/j.biopha.2022.113015
3. Huang G, Mei X, Hu J. The antioxidant activities of natural polysaccharides. *Current Drug Targets*. 2017;18(11):1296-1300. DOI: 10.2174/1389450118666170123145357
4. Li H, Liu Z, Liu Q, Zhang X, et al. Extraction of polysaccharides from root of *Pseudostellaria heterophylla* (Miq.) Pax. and the effects of ultrasound treatment on its properties and antioxidant and immune activities. *Molecules*. 2024;29(1):142. DOI: 10.3390/molecules29010142
5. Wang X, Zhang J, Zhang K, Guo Z, et al. ultrasound-assisted enzyme extraction, physicochemical properties and antioxidant activity of polysaccharides from *Cordyceps militaris* Solid Medium. *Molecules*. 2024;29(19):4560. DOI: 10.3390/molecules29194560
6. Wan C, Jiang H, Tang MT, Zhou S, et al. Purification, physico-chemical properties and antioxidant activity of polysaccharides from *Sargassum fusiforme* by hydrogen peroxide/ascorbic acid-assisted extraction. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022;223(Pt A):490-499. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.11.030
7. Liao C, Wu L, Zhong W, Zheng Q, et al. Cellular Antioxidant Properties of *Ischnoderma Resinosum* Polysaccharide. *Molecules*. 2022;27(22):7717. DOI: 10.3390/molecules27227717
8. Поздняков Д. И., Аджиакхметова С. Л. Влияние пектиновых веществ листьев омелы белой на реакции нейровоспаления в ткани головного мозга у крыс с экспериментальной болезнью Альцгеймера // Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. 2025. № 1(47). С. 33-38. DOI: 10.34907/JPQAI.2025.40.92.005. EDN: CRVGGZ
9. Государственная фармакопея Российской Федерации: в 4-х т. Т. 4. 14-е изд. М., 2018. 7019 с. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php> (дата об-

References

1. Yu Y, Shen M, Song Q, Xie J. Biological activities and pharmaceutical applications of polysaccharide from natural resources: a review. *Carbohydrate Polymers*. 2017;183(22):91-101. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.12.009
2. Tang Z, Huang G. Extraction, structure, and activity of polysaccharide from Radix Astragali. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2022;150(1):113015. DOI: 10.1016/j.biopha.2022.113015
3. Huang G, Mei X, Hu J. The antioxidant activities of natural polysaccharides. *Current Drug Targets*. 2017;18(11):1296-1300. DOI: 10.2174/1389450118666170123145357
4. Li H, Liu Z, Liu Q, Zhang X, et al. Extraction of polysaccharides from root of *Pseudostellaria heterophylla* (Miq.) Pax. and the effects of ultrasound treatment on its properties and antioxidant and immune activities. *Molecules*. 2024;29(1):142. DOI: 10.3390/molecules29010142
5. Wang X, Zhang J, Zhang K, Guo Z, et al. ultrasound-assisted enzyme extraction, physicochemical properties and antioxidant activity of polysaccharides from *Cordyceps militaris* Solid Medium. *Molecules*. 2024;29(19):4560. DOI: 10.3390/molecules29194560
6. Wan C, Jiang H, Tang MT, Zhou S, et al. Purification, physico-chemical properties and antioxidant activity of polysaccharides from *Sargassum fusiforme* by hydrogen peroxide/ascorbic acid-assisted extraction. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022;223(Pt A):490-499. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.11.030
7. Liao C, Wu L, Zhong W, Zheng Q, et al. Cellular Antioxidant Properties of *Ischnoderma Resinosum* Polysaccharide. *Molecules*. 2022;27(22):7717. DOI: 10.3390/molecules27227717
8. Pozdnyakov DI, Adjakhmetova SL. The effect of pectin substances from white mistletoe leaves on neuroinflammation in brain tissue of rats with experimental Alzheimer's disease. *Journal of Pharmaceuticals Quality Assurance Issue*. 2025(1(47):33-38. (In Russ). DOI: 10.34907/JPQAI.2025.40.92.005. EDN: CRVGGZ
9. State Pharmacopoeia of the Russian Federation: in 4 vols. Vol. 4. 2018:7019. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php> (ac-

ращения: 03.01.2026).

10. Тринеева О. В., Сливкин А. И. Определение суммы полисахаридов и простых сахаров в листьях крапивы двудомной // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2017. № 1. С. 164-169. EDN: YLEBNL

11. Решетов Я. Е., Авдеева Е. Ю., Шурупова М. Н. Спектрофотометрическое определение полисахаридов в растениях рода *Saussurea* DC. Сибирского региона // Молодые ученые и фармация XXI века: сборник научных трудов четвертой научно-практической конференции с Международным участием (Москва, 16 декабря 2016 г.). 2016. С. 306-309. EDN: YSCTBP

12. Авдеева Е. Ю., Краснов Е. А., Семенов А. А. Содержание полисахаридов в надземной части *Saussurea controversa* DC // Химия растительного сырья. 2015. № 3. С. 43-48. DOI: 10.14258/jcprm.201503583. EDN: VEJPZZ

13. Рупасова Ж. А., Володько И. К., Волотович А. А., Варавина Н. П., Криницкая Н. Б., Кудряшова О. А. Особенности сезонного накопления органических кислот и углеводов в ассимилирующих органах вечнозеленых и листопадных видов *Rhododendron* L. при интродукции в условиях Беларуси // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. 2012. № 1. С. 18-25. EDN: TVQBSJ

14. Тринеева О. В. Сравнительная характеристика определения сахаров различными методами в листьях крапивы двудомной // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2020. Т. 9. № 2. С. 91-97. DOI: 10.33380/2305-2066-2020-9-2-91-97. EDN: WQZRNA

15. Кахраманова С. Д., Боков Д. О., Самылина И. А. Количественное определение полисахаридов в лекарственном растительном сырье // Фармация. 2020. Т. 69. № 8. С. 5-12. DOI: 10.29296/25419218-2020-08-01. EDN: PJDCWD

16. Адзиахметова С. Л., Позднякова А. Е., Поздняков Д. И., Оганесян Э. Т. Разработка спектрофотометрической методики количественного определения суммы полисахаридов и простых сахаров в стеблях повилки полевой как основа технологических исследований // Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. 2025. № 3(49). С. 17-24. DOI: 10.34907/JPQAI.2025.77.11.003. EDN: VTVRUP

cessed 03.01.2026). (In Russ)

10. Trineeva OV, Slivkin AI. Determine the amount of polysaccharides and simple sugars in nettle leaves. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy.* 2017(1):164-169. (In Russ). EDN: YLEBNL

11. Reshetov YaE, Avdeeva EYu, Shurupova MN. Spectrophotometric determination of polysaccharides in plants of the genus *Saussurea* DC. of Siberian region. *Young Scientists and Pharmacy of the XXI Century: Collection of Scientific Papers of the Fourth Scientific and Practical Conference with International Participation (Moscow, December 16, 2016).* (In Russ)

12. Avdeeva EYu, Krasnov EA, Semenov AA. Content of polysaccharides in the aboveground part of *Saussurea controversa*. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*. 2015(3):43-48. (In Russ). DOI: 10.14258/jcprm.201503583. EDN: VEJPZZ

13. Rupasova ZhA, Volodko IK, Volotovitch AA, Varavina NP, et al. Features of seasonal accumulation of organic acids and carbohydrates in assimilating bodies of *Rhododendron* L. At the introduction under the conditions of Belarus. *Vestnik Poles'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya Prirodovedcheskih Nauk*. 2012(1):18-25. (In Russ). EDN: TVQBSJ

14. Trineeva OV. Comparative characteristics of sugar determination by different methods in leaves of nettle. *Drug Development & Registration*. 2020;9(2):91-97. (In Russ). DOI: 10.33380/2305-2066-2020-9-2-91-97. EDN: WQZRNA

15. Kakhramanova SD, Bokov DO, Samylina IA. Quantification of polysaccharides in medicinal plant raw materials. *Farmatsiya*. 2020;69(8):5-12. (In Russ). DOI: 10.29296/25419218-2020-08-01. EDN: PJDCWD

16. Adzhiakhmetova SL, Pozdnyakova AE, Pozdnyakov DI, Oganessian ET. Development of a spectrophotometric method for the quantitative determination of the total polysaccharides and simple sugars in Cordsworm stems as a basis for technological research. *Journal of Pharmaceuticals Quality Assurance Issue*. 2025(3(49)):17-24. (In Russ). DOI: 10.34907/JPQAI.2025.77.11.003. EDN: VTVRUP

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Адзиахметова Симилла Леонтьевна, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры органической химии, Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоград-

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

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

ского государственного медицинского университета, Пятигорск, Россия, similla503@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9685-1384>

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

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

Критерии авторства

Аджирахметова С. Л. – постановка цели и задач, обзор литературы, экспериментальная работа; Поздняков Д. И. – обработка данных, анализ и выводы статьи; Оганесян Э. Т. – концепция и редактирование статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 14.02.2026
Одобрена после рецензирования 17.03.2026
Принята к публикации 30.03.2026

ty, Pyatigorsk, Russia, similla503@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9685-1384>

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

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

Contribution of the authors

Adzhiakhmetova S. L. – setting the aim and objectives, literature review, experimental work; Pozdnyakov D. I. – data processing, analysis and conclusions of the paper; Oganessian E. T. – concept and editing of the paper.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 14.02.2026
Approved after reviewing 17.03.2026
Accepted for publication 30.03.2026

Химические науки / Chemical Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 544-971.2
DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-16-22
EDN: FEAYTE

Фазовая диаграмма и термодинамические свойства тройной взаимной системы Li, Ca // NO₃, WO₄

© 2026 Гасаналиева П. Н.¹, Гимбатдибирова М. Г.²,
Гасаналиев А. М.¹, Расулов А. И.¹

¹Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова

²Многопрофильный лицей № 30

Махачкала, Россия, p_gasanalieva@mail.ru, madina.gimbatova.20@mail.ru,
abutdin.rasulov@mail.ru, abdulla.gasanaliev@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Целью данной работы является исследование тройной взаимной системы Li, Ca // NO₃, WO₄. **Методы.** Комплексом методов физико-химического анализа, в частности визуально-политермическим (ВПА), дифференциальным термическим (ДТА), рентгенофазовым (РФА) изучена стабильная секущая тройной взаимной системы Li, Ca // NO₃, WO₄. **Результаты.** Выявлен эвтектический состав системы LiNO₃ – CaWO₄. Стабильность внутренних диагоналей подтверждена тремя методами: по разнице сумм теплот образования исходных солей и продуктов реакции; РФА; ДТА. Диаграмма плавления системы имеет эвтектический характер. Эвтектика плавится при 240 °С и содержит 0,5 % CaWO₄. Определены термодинамические величины эвтектической смеси. **Выводы.** Предложенными методами подтвердили стабильность данных пар солей, что и следовало доказать.

Ключевые слова: внутреннее сечение, невариантная точка, теплота образования, диаграмма плавления.

Формат цитирования: Гасаналиева П. Н., Гимбатдибирова М. Г., Гасаналиев А. М., Расулов А. И. Фазовая диаграмма и термодинамические свойства тройной взаимной системы Li, Ca // NO₃, WO₄ // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2026. Т. 20. № 1. С. 16-22. DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-16-22. EDN: FEAYTE

Phase Diagram and Thermodynamic Properties of the Ternary Reciprocal System Li, Ca // NO₃, WO₄

© 2026 Patimat N. Gasanalieva, Madina G. Gimbatdibirova,
Abdulla M. Gasanaliev, Abutdin I. Rasulov

¹Gamzatov Dagestan State Pedagogical University

²Multidisciplinary Lyceum No. 30

Makhachkala, Russia, p_gasanalieva@mail.ru, madina.gimbatova.20@mail.ru,
abutdin.rasulov@mail.ru, abdulla.gasanaliev@mail.ru

ABSTRACT. The aim of this paper is to research the ternary reciprocal system Li, Ca // NO₃, WO₄. **Methods.** The stable secant of the ternary reciprocal system Li, Ca // NO₃, WO₄ was studied using a combination of physicochemical analysis methods, in particular, VPA (visual polythermal), DTA (differential thermal) and X-ray diffraction (XRD). **Results.** It was determined the eutectic composition of LiNO₃ – CaWO₄ system. The stability of the internal diagonals was confirmed by three methods: by the difference in the sums of the heats for formation of the initial salts and reaction products; X-ray phase analysis; and differential thermal analysis. The melting diagram of the system is eutectic in nature. The eutectic melts at 240 °C and con-

ains 0.5 % CaWO_4 . The thermodynamic parameters of the eutectic mixture were determined. **Conclusions.** The proposed methods confirmed the stability of these salt pairs, which was expected to be demonstrated.

Keywords: internal section, invariant point, heat of formation, melting diagram.

For citation: Gasanalieva PN, Gimbatdibirova MG, Gasanaliev AM, Rasulov AI. Phase Diagram and Thermodynamic Properties of the Ternary Reciprocal System Li, Ca // NO_3 , WO_4 . *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2026;20(1):16-22. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-16-22. EDN: FEAYTE

Введение

Изучение многокомпонентных систем (МКС) является важным и сложным процессом. Использование комплекса методов физико-химического анализа позволяет раскрыть сложную картину взаимодействия компонентов, оптимизируя изучение МКС [1; 2].

К числу важных процессов, протекающих с участием расплавов солей, относятся аккумуляция и перенос тепловой энергии с использованием скрытой теплоты фазового перехода «твердое тело $\leftrightarrow$ жидкость». В связи с этим, в настоящее время актуальным является разработка тепловых аккумуляторов фазового перехода

Благодаря своим уникальным свойствам нитраты и вольфраматы щелочных и щелочноземельных металлов нашли широкое применение в современной технике [3-7]. Необходимо учитывать также доступность соединений. Минерал шеелит (CaWO_4) – важный минерал, служащий основной рудой для получения вольфрама. Нитраты способны снижать температуру плавления вольфрамов и других вольфрамсодержащих соединений за счет образования легкоплавких эвтектических смесей. Нитраты плавятся при относительно низких температурах (200-600 °C), создавая жидкую фазу, в которой растворяются более тугоплавкие вольфраматы, что ускоряет процесс взаимодействия, например, при переработке отходов.

Таким образом, получение веществ, способных накапливать и выделять энергию в результате фазовых превращений, а также способных понижать температуру плавления вольфрамов для получения вольфрама имеет большую практическую значимость. С этой целью нами выбрана тройная взаимная система Li, Ca // NO_3 , WO_4 (табл. 1) [8-10]. Данные по неинвариантным точкам изученных ранее двойных

систем приведены в таблице 2. Для экспериментального изучения нами выбрано стабильное внутреннее сечение LiNO_3 - CaWO_4 системы Li, Ca // NO_3 , WO_4 .

Материал и методы исследования

В работе применялись следующие методы: ВПА, ДТА и РФА. Запись кривых нагревания (охлаждения), равно как и дифференциальной температуры, осуществлялась с помощью ДТА-установки, собранной на основе автоматического потенциометра КСП-4. Кроме КСП в установке использовались узлы и блоки: блок усиления (микровольтметр Ф11/1), блок управления (ИРН-64 и магазин сопротивления) и силовая часть. Холодные спаи термопар термостатированы при 0 °C в сосуд Дьюара, который заполнен смесью воды и льда. Установка ДТА градуировалась по температурам фазовых переходов индивидуальных солей и смесей, рекомендованных в монографии Л. Г. Берга [11]. Точность измерения температуры неинвариантных процессов не превышала $\pm 0,5$ %, исследования проводились в платиновых тиглях с использованием платиновых электродов платина-платинородиевых термопар.

Визуально-политермические измерения были произведены в шахтных печах. Образцы помещались в платиновые тигли, температура контролировалась платина-платинородиевой (10 % радия) термопарой, термоэлектродвижущая сила которой измерялась зеркальным милливольтметром М 1109. Холодные спаи температур термостатировались при 0 °C в сосуде Дьюара с тающим льдом.

Результаты и их обсуждение

Система LiNO_3 – CaWO_4 изучена методами ДТА и ВПА. Диаграмма плавкости системы имеет эвтектический характер. Эвтектика плавится при 240 °C и содержит 0,5 % CaWO_4 (рис. 1).

Таблица 1. Термодинамические и теплофизические свойства исходных солей
Table 1. Thermodynamic and thermophysical properties of the initial salts

Вещество Substance	t °C	ΔG_{298} , кДж / моль ΔG_{298} , kJ / mol	ΔH_{298} , кДж / моль ΔH_{298} , kJ/mol	$\Delta H_{пл}$, кДж / моль $\Delta H_{пл}$, kJ/mol	ΔS , Дж / моль·К ΔS , J/mol·K	кДж/ кг·К kJ/kg·K	Ср, Дж / моль·К Avg, J/mol·K	ρ , кг/м ³ ρ , kg/m ³
LiNO ₃	256	380,7	483,2	25,5	88	–	–	2360
Li ₂ WO ₄	740	1488,04	1604	28,45	113	0,11	–	3710
NaNO ₃	306	367,6	468,2	15,1	116,4	–	93,0	2260
Na ₂ WO ₄	697	1433,1	1548	31	161	0,11	139,7	3732
Sr(NO ₃) ₂	645 разл.	785,51	984,1	49	195	–	150,2	2990
SrWO ₄	1535	–	1635	–	138	0,41	400	6190
Ca(NO ₃) ₂	561 разл.	742,0	939	23,8	193	–	149,33	2360
CaWO ₄	1580	1533,4	1640,1	–	126,4	0,11	114,1	6060 [8-10]

Таблица 2. Характеристики неинвариантных точек двойных систем
Table 2. Characteristics of invariant points of binary systems

Система System	T°,C	Состав, мол. % Composition, mol. %		Твердые фазы Solid phases	Характер точки Point nature
		1	2		
LiNO ₃ – NaNO ₃	204	54	46	LiNO ₃ , NaNO ₃	ε
LiNO ₃ – Sr(NO ₃) ₂	251	98,1	1,9	LiNO ₃ , Sr(NO ₃) ₂	ε
Li ₂ WO ₄ – Na ₂ WO ₄	485	48	52	Na ₂ WO ₄ ·2Li ₂ WO ₄ , Na ₂ WO ₄ ,	ε
	580	64	36	Li ₂ WO ₄ , Na ₂ WO ₄ ·2Li ₂ WO ₄	P
Li ₂ WO ₄ – SrWO ₄	733	99,5	0,5	Li ₂ WO ₄ , SrWO ₄	ε
LiNO ₃ – Li ₂ WO ₄	250	99	1	LiNO ₃ , Li ₂ WO ₄	ε
NaNO ₃ – Na ₂ WO ₄	298	93	7	NaNO ₃ , Na ₂ WO ₄	ε
LiNO ₃ – Ca(NO ₃) ₂	247	80,5	19,5	LiNO ₃ , Ca(NO ₃) ₂	ε
Li ₂ WO ₄ – CaWO ₄	720	97	3	Li ₂ WO ₄ , CaWO ₄	ε

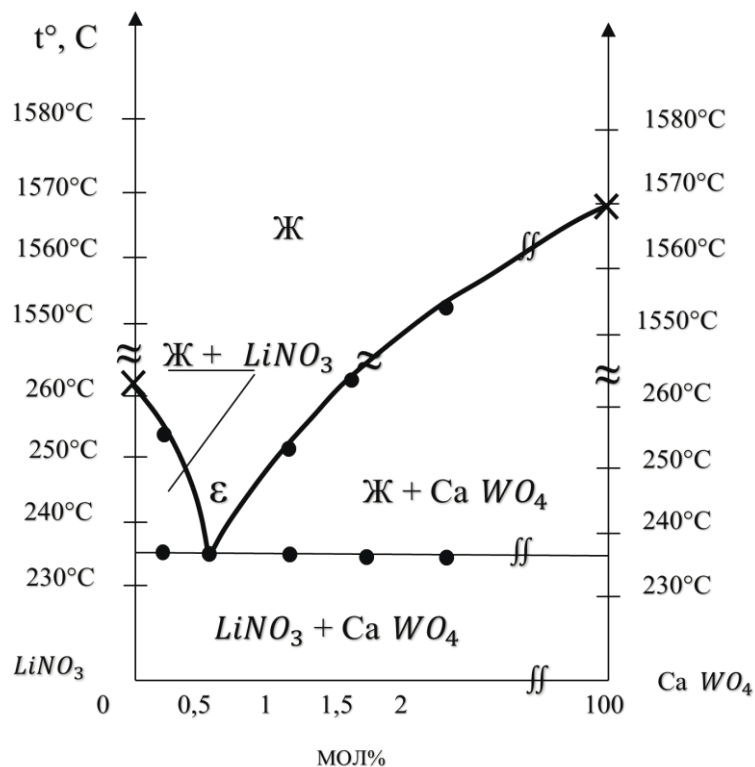


Рис 1. Диаграмма состояния системы LiNO₃–CaWO₄

Fig. 1. Phase diagram of LiNO₃ – CaWO₄ system

Стабильные диагонали подтверждены рентгенофазовым анализом. Изучение систем до определенного момента (до 400 °С) ограничено в связи с высокими температурами плавления вольфрамов и низкими температурами разложения нитратов, кроме нитрата лития.

Стабильность внутренних диагоналей подтверждена тремя методами:

1. По разнице сумм теплот образования исходных солей и продуктов реакции

$$\Delta H_{\text{обр}} = X\Delta H_{\text{пр}} - \Delta H_{\text{исх}}$$

где: $\Delta H_{\text{р.и}}$ – энтальпия реакции, $\Delta H_{\text{пр}}$ – энтальпия продуктов реакции, $\Delta H_{\text{исх.}}$ – энтальпия исходных компонентов, вступающих в реакцию;

2. Рентгенофазовым анализом;

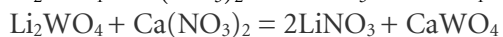
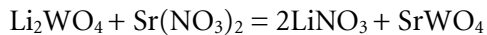
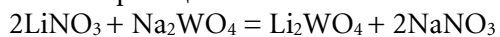
3. Дифференциально-термическим анализом.

По разнице сумм теплот образования исходных солей и продуктов реакции мы выявили стабильные диагонали:

- 1) $\text{NaNO}_3 - \text{Li}_2\text{WO}_4$
- 2) $\text{LiNO}_3 - \text{CaWO}_4$
- 3) $\text{LiNO}_3 - \text{SrWO}_4$

Для экспериментального подтверждения методом ДТА были сняты два состава ближе к исходным компонентам, что показало соответствие температур вторичных кристаллизаций, следовательно, данные о стабильности диагоналей подтверждаются.

Дополнительно РФА показано, что в точках полной конверсии для тройных взаимных Li, M // NO_3 , WO_4 , (M-Na, Sr, Ca) протекают реакции:



Таким образом, предложенными выше методами подтверждена стабильность данных пар солей, что и следовало доказать.

Основным инструментом исследования термодинамических процессов служат два классических постулата: первое и второе начала.

Первое начало термодинамики вытекает из закона сохранения энергии и вещества, тогда как второе определяет направление протекания процессов. В начале XX в. был сформулирован третий закон термодинамики: уступая первым двум в

широте охвата, он играет ключевую роль в теоретическом анализе химических превращений. Логическое развитие и математическая формализация этих трех начал образуют совокупность фундаментальных законов термодинамики.

Термодинамика строится на чисто дуктивном принципе: ее законы, являясь опытными обобщениями, служат основой для вывода следствий применительно к различным случаям.

Она занимается разработкой основных положений и изучением наиболее общих закономерностей, взаимных переходов различных форм энергии.

Термодинамическими величинами являются:

1) C_p – (теплоемкость) теплота, которую необходимо сообщить, чтобы температура изменилась на 1 °С;

2) ΔH – (энтальпия), теплосодержание системы;

3) ΔS – (энтропия), мера беспорядочности системы при повышении температуры на 1 °С;

4) ΔG – (энергия Гиббса), мера самопроизвольного протекания реакции в системе [12].

В связи с отсутствием в литературе данных по теплоемкости соли LiNO_3 , Li_2WO_4 , SrWO_4 нами рассчитаны эти величины по методу аддитивности [3]. Также рассчитаны термодинамические свойства для эвтектического состава стабильной диагонали в тройной взаимной системе Li, Ca / NO_3 , WO_4 .

C_p отдельного компонента по оксидам

$$C_p = \sum_{i=1}^{h=1} C_i \cdot C_p(\text{оксида}),$$

где C_p – теплоемкость компонента;

C_i – массовая доля i-го оксида;

C_p (оксида) – теплоемкость оксида.

Вычисление C_p для эвтектической смеси

$$C_p \text{ смеси} = \sum_{i=1}^{h=1} C_i \cdot C_p$$

Вычисление C_p для эвтектической смеси

где $C_p \text{ смеси}$ – теплоемкость смеси;

C_i – массовая доля i-го компонента;

C_p – теплоемкость компонента при стандартных условиях.

Вычисление ΔS смеси

$$\Delta S = \sum_{i=1}^{h=1} C_i \cdot S_i$$

где ΔS – изменение энтропии при фазовом переходе;

C_i – массовая доля i -го компонента в смеси;

S_i – энтропия i -го компонента при стандартных условиях.

Вычисление ΔH смеси

$$\Delta H_{\text{смеси}} = T_E \cdot \Delta S,$$

где ΔH – теплота плавления эвтектики;

T_E – температура плавления эвтектики;

ΔS – изменение энтропии при фазовом переходе.

Вычисление термодинамических свойств для реакций

$$C_p(\text{рекции}) = \sum C_p \text{ пр.} - \sum C_p \text{ исх.}$$

где C_p (реакции) – теплоемкость реакции;

C_p пр. – теплоемкость продуктов реакции;

C_p исх. – теплоемкость исходных компонентов, вступающих в реакцию.

$$\Delta H_{\text{р-й}} = \sum \Delta H \text{ пр.} - \sum \Delta H_{\text{исх}}$$

где $\Delta H_{\text{р-й}}$ – теплоемкость реакции;

$\Delta H_{\text{пр.}}$ – теплоемкость продуктов реакции;

$\Delta H_{\text{исх.}}$ – теплоемкость исходных компонентов, вступающих в реакцию.

$$\Delta G_{\text{р-й}} = \sum \Delta G \text{ пр.} - \sum \Delta G_{\text{исх}}$$

где $\Delta G_{\text{р-й}}$ – энергия Гиббса реакции;

$\Delta G_{\text{пр.}}$ – энергия Гиббса продуктов реакции;

$\Delta G_{\text{исх.}}$ – энергия Гиббса исходных компонентов, вступающих в реакцию.

Термодинамические величины эвтектической смеси в системе $\text{LiNO}_3 - \text{CaWO}_4$ представлены в таблице 3.

Таблица 3. Термодинамические величины эвтектической смеси

Table 3. Thermodynamic values of the eutectic mixture

Система System	Обозначения Notations	t^0 , С	Состав, мол. % Composition, mol. %		C_p , Дж / кг·К Av, J / kg K	ΔS , Дж / кг·К ΔS , J / kg K	ΔH , кДж / кг ΔH , kJ/kg
			1	2			
$\text{LiNO}_3 - \text{CaWO}_4$	ε	240	99,5	0,5	1424,23	637,19	326,88

Закключение

Стабильное внутреннее сечение $\text{LiNO}_3 - \text{CaWO}_4$ тройной взаимной системы Li , Ca // NO_3 , WO_4 исследована экспериментально, в ходе чего доказано, что диаграмма плавокости имеет эвтектический характер с температурой плавления 240°C и при содержании 0,5 % CaWO_4 . Стабильность внутренних диагоналей тройной взаим-

ной системы Li , Ca // NO_3 , WO_4 подтверждена тремя методами: по разнице сумм теплот образования исходных солей и продуктов реакции; РФА; ДТА. Рассчитаны также термодинамические величины для эвтектического состава стабильной диагонали в тройной взаимной системе Li , Ca // NO_3 , WO_4 .

Список источников

1. Земляной К. Г., Павлова И. А. Фазовые равновесия в оксидных системах: учебник. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2021. 228 с.
2. Савельева А. С., Фахрутдинова Е. Д., Мискевич О. Ю. и др. Физическая химия: фазовое равновесие: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2023. 111 с.
3. Добрецов Н. Л., Краева А. Г. Многокомпонентные системы. Физико-химический анализ. Геометрия. Новосибирск: Институт геологии и геофизики СО АН СССР, 1977. 152 с.
4. Зломанов В. П., Афиногенов Ю. Л., Гончаров

References

1. Zemlyanoy KG, Pavlova IA. Phase equilibria in oxide systems: textbook. Yekaterinburg: Ural University, 2021:228. (Russ)
2. Savelyeva AS, Fakhrutdinova ED, Miskevich OYu, et all. Physical chemistry: phase equilibrium: a textbook. Tomsk: Tomsk State University, 2023:111. (Russ)
3. Dobretsov NL, Kraeva AG. Multicomponent systems. Physico-chemical analysis. Geometry. Novosibirsk: Institute of Geology and Geophysics of SB USSR Academy of Sciences, 1977:152. (Russ)
4. Zlomanov VP, Afinogenov YuL, Goncharov EG, Semenova GV. Physico-chemical analysis of multi-

Е. Г., Семенова Г. В. Физико-химический анализ многокомпонентных систем: учебное пособие. М.: МФТИБ, 2006. 332 с.

5. Васильев В. П., Волков Д. П., Заричняк Ю. П. Термодинамика химических и физических превращений. Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. 43 с. EDN: ZUZSKB

6. Бергман А. Г. Политермический метод изучения сложных соляных систем // Труды Всесоюзного Менделеевского съезда по теоретической и прикладной химии. Харьков; Киев: ГНТИ, 1935. Т. 2. Вып. 1. С. 631-637.

7. Гаматаева Б.Ю. Теплоаккумулирующие материалы на основе пятерной взаимной системы Li, Na, K, Sr // Cl, NO₃: дис. ... канд. хим. наук. М, 1995. 105 с.

8. Ефимов А. И., Белорукова Л. П., Василькова И. В., Чечев В. П. Свойства неорганических соединений. Справочник. Л.: Химия, 1983. 392 с.

9. Делимарский Ю. К. Пути практического использования ионных расплавов // Ионные расплавы. Киев: Наукова думка, 1975. Вып. 3. С. 22.

10. Термические константы веществ. Справочник в 10-ти вып. Вып. 10. / под ред. В. П. Глушко М., 1981. 299 с.

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

12. Киреев В. А. Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций. М. Химия, 1970. 519 с.

component systems: a textbook. Moscow: Moscow Institute of Physics and Technology, 2006:332. (Russ)

5. Vasiliev VP, Volkov DP, Zarichnyak YuP. Thermodynamics of chemical and physical transformations. St. Petersburg: ITMO University, 2015:43. (Russ). EDN: ZUZSKB

6. Bergman AG. Polythermal method of studying complex salt systems. *Proceedings of the All-Union Mendeleev Congress on Theoretical and Applied Chemistry*. Kharkov; Kiev: State Scientific and Technical Publ. 1935;2(1):631-637. (Russ)

7. Gamataeva BY. Heat storage materials based on the five-dimensional mutual system Li, Na, K, Sr // Cl, NO₃: Ph.D. thesis (Chemistry). Moscow, 1995:105. (Russ)

8. Efimov AI, Belorukova LP, Vasilkova IV, Chechev VP. Properties of inorganic compounds. Handbook. Leningrad: Khimiya, 1983:392. (Russ)

9. Delimarsky YuK. Ways of practical use of ion melts. *Ionnye rasplavy*. Kiev: Naukova dumka, 1975(3):22. (Russ)

10. Glushko VP (ed.). Thermal constants of substances. Handbook: In 10 iss. Issue 10. Moscow, 1981:299. (Russ)

11. Berg L. G. Introduction to thermography. 2nd ed., enlarged. Moscow: Nauka, 1969:395. (Russ)

12. Kireev VA. Methods of practical calculations in thermodynamics of chemical reactions. Moscow, Khimiya. 1970:519. (Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Гасаналиева Патимат Насирдиновна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, p_gasanalieva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7892-5308>

Гимбатдибировна Мадина Гимбатдибировна, учитель химии и биологии, Многопрофильный лицей № 30, Махачкала, Россия, madina.gimbatova.20@mail.ru

Гасаналиев Абдулла Магомедович, доктор химических наук, профессор кафедры химии, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, abdulla.gasanaliev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-5568-4335>

Расулов Абулдин Исамутдинович, кандидат химических наук, заведующий кафедрой химии, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, abutdin.rasulov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-5070-8553>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Patimat N. Gasanalieva, Ph.D. (Chemistry), Associate Professor, Department of Chemistry, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, p_gasanalieva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7892-5308>

Madina G. Gimbatdibirova, Teacher of Chemistry and Biology, Multidisciplinary Lyceum No. 30, Makhachkala, Russia, madina.gimbatova.20@mail.ru

Abdulla M. Gasanaliev, Doctor of Science (Chemistry), Professor, Department of Chemistry, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, abdulla.gasanaliev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-5568-4335>

Abutdin I. Rasulov, Ph.D. (Chemistry), Head of the Department of Chemistry, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, <https://orcid.org/0009-0009-5070-8553>

Критерии авторства

Гасаналиева П. Н. – постановка цели и задач, экспериментальная работа; Гимбатдибирова М. Г. – методология, обработка данных, обзор литературы; Гасаналиев А. М. – консультация, анализ и выводы статьи; Расулов А. И. – концепция и редактирование статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 11.02.2026
Одобрена после рецензирования 20.03.2026
Принята к публикации 30.03.2026

Contribution of the authors

Gasanalieva P. N. – setting the aim and objectives, experimental work; Gimbatdibirova M. G. – methodology, data processing, references review; Gasanaliev A. M. – consultation, analysis and conclusions of the paper; Rasulov A. I. – concept and editing of the paper.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 11.02.2026
Approved after reviewing 20.03.2026
Accepted for publication 30.03.2026

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 911.2:338.48
DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-23-31
EDN: HGZDXQ

Географические технологии проектирования и паспортизации маршрута «Большая Сулакская тропа» в Горном Дагестане

©2026 Атаев З. В.^{✉1, 2, 3}, Хусаинов И. М.³

¹Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,

²Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова
Махачкала, Россия, zagir05@mail.ru[✉]

³Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
Нальчик, Россия, zagir05@mail.ru, husainov_org@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Цель исследования – обосновать применение географических технологий при проектировании и паспортизации туристского маршрута «Большая Сулакская тропа» в зоне Главного Сулакского каньона и на прилегающих территориях Горного Дагестана. **Методы.** Использованы камеральная инвентаризация природных и культурно-исторических ресурсов, анализ картографических материалов и данных дистанционного зондирования Земли, ГИС-сопоставление рельефа, гидросети, дорог, троп и природоохранных ограничений, маршрутные полевые обследования, GPS-фиксация и паспортизация ключевых объектов показа. **Результаты.** Выделены методические этапы формирования маршрута, уточнены физико-географические предпосылки трассировки, показана роль паспорта маршрута как инструмента безопасности, навигации, интерпретации и регулирования рекреационной нагрузки. Установлено, что кольцевой многодневный маршрут протяженностью около 150 км способен связать каньонные ландшафты, хребты, населенные пункты, элементы историко-культурного наследия и гидроэнергетической инфраструктуры в единую туристско-рекреационную систему. **Выводы.** Разработанный подход может использоваться как типовая модель устойчивого освоения горных туристских территорий.

Ключевые слова: географические технологии, ГИС, дистанционное зондирование, GPS-съемка, паспортизация маршрута, рекреационная география, Сулакский каньон, горный туризм, устойчивое развитие.

Благодарность

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

Формат цитирования: Атаев З. В., Хусаинов И. М. Географические технологии проектирования и паспортизации маршрута «Большая Сулакская тропа» в Горном Дагестане // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2026. Т. 20. № 1. С. 23-31. DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-23-31. EDN: HGZDXQ

Geospatial Technologies for Design and Passporting of the “Great Sulak Trail” in Mountain Dagestan

©2026 Zagir V. Ataev^{✉1, 2, 3}, Ildar M. Khusainov³¹Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,²Gamzatov Dagestan State Pedagogical UniversityMakhachkala, Russia, zagir05@mail.ru[✉]³Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Nalchik, Russia, zagir05@mail.ru, husainov_org@mail.ru

ABSTRACT. The research **aims** to substantiate the use of geospatial technologies for design and passporting of the “Great Sulak Trail” tourist route in the area of the Main Sulak Canyon and adjacent parts of Mountain Dagestan. **Methods.** The research is based on desk inventory of natural, cultural and historical resources, analysis of cartographic materials and remote sensing data, GIS comparison of relief, hydrographic network, roads, trails and conservation constraints, as well as field route surveys, GPS recording and passportization of key points of interest. **Results.** The methodological stages of route formation were identified, the main physical and geographical prerequisites for routing were specified. It was demonstrated the role of the route passport as an instrument of safety, navigation, interpretation and regulation of recreational pressure. The results show that a circular multi-day route of about 150 km can connect canyon landscapes, ridges, settlements, cultural and historical heritage sites and hydropower infrastructure into an integrated tourist and recreational system. **Conclusions.** The proposed approach can be used as a model for sustainable development of mountainous tourist areas.

Keywords: geospatial technologies, GIS, remote sensing, GPS survey, route passportization, recreational geography, Sulak Canyon, mountain tourism, sustainable development.

Acknowledgments

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

For citation: Ataev ZV, Khusainov IM. Geospatial Technologies for Design and Passporting of the “Great Sulak Trail” in Mountain Dagestan. Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences. 2026;20(1):23-31. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-23-31. EDN: HGZDXQ

Введение

Рост внутреннего туризма в России усилил интерес к природным ландшафтам, историческим территориям и региональным маршрутам, способным формировать устойчивый туристский продукт за пределами крупных городских центров. Для Республики Дагестан эта тенденция особенно заметна: региональные туристские центры становятся точками концентрации потока, а природные объекты горной зоны все чаще включаются в самостоятельные и организованные путешествия [1].

Однако увеличение числа посещений само по себе не означает устойчивого развития. При отсутствии маршрутного каркаса поток концентрируется на нескольких «брендовых» точках, усиливает нагрузку на ландшафты, провоцирует стихийную парковку, неорганизованные подходы к смотровым площадкам и конфликт между природоохранными, хозяйственными и туристскими интересами. В исследованиях туристских маршрутов

подчеркивается, что сеть троп и опорных точек должна рассматриваться как пространственный инструмент управления территорией, а не только как средство доставки посетителя к достопримечательности [2; 3].

В горных регионах особое значение приобретает географическая технологизация маршрутного проектирования. Тропа должна быть согласована с рельефом, гидрографической сетью, сезонными рисками, природоохранными ограничениями, транспортной доступностью и возможностями местных сообществ. Поэтому разработка маршрута требует не описательного, а комплексного подхода, включающего ДЗЗ, ГИС-картографирование, GPS-съемку, полевые обследования и паспортизацию объектов.

Район «Большой Сулакской тропы» обладает высоким природно-рекреационным потенциалом. Сулакский каньон еще в ранней географической традиции рассматривался как один из наиболее выразительных ландшафтных объек-

тов Дагестана [4]. В современной маршрутной логике он выступает не одиночной смотровой точкой, а ядром более широкой туристско-рекреационной системы, в которую входят хребты, долинные участки, водохранилища, населенные пункты, старинные тропы, культурно-исторические локалитеты и природоохранные территории. В пределах района важное значение имеет и Мелиштинский республиканский заказник, что усиливает требования к режиму посещения и экологическому просвещению [5].

Главный Сулакский каньон, являющийся основным природным ориентиром маршрута и одновременно объектом, требующим научно обоснованной организации туристского потока, показан на рисунке 1.

Научная проблема исследования заключается в необходимости перевода уникального природно-культурного ресурса из состояния потенциальной туристской привлекательности в состояние управляемого маршрута. Такой перевод возможен только при наличии воспроизводимой методики трассировки, фиксации параметров прохождения, оценки рисков, подготовки информационных материалов и паспортизации объектов.

Цель исследования – обосновать применение географических технологий проектирования и паспортизации маршрута «Большая Сулакская тропа» как инстру-

мента устойчивого освоения туристско-рекреационного пространства Горного Дагестана.

Для достижения цели решались следующие задачи: выявить природные и культурно-исторические предпосылки формирования маршрута; определить состав географических технологий, применяемых на этапах предпроектного анализа, полевого уточнения и документирования тропы; показать результаты трассировки и паспортизации; оценить значение маршрута для регулирования рекреационной нагрузки, безопасности, интерпретации наследия и вовлечения местного населения.

Материал и методы исследования

Эмпирическую основу исследования составили материалы камеральных и полевых работ, выполненных в зоне Главного Сулакского каньона и на прилегающих территориях Буйнакского, Унцукульского, Гумбетовского и Казбековского районов Республики Дагестан. В качестве исходной информации использовались опубликованные сведения о маршруте «Большая Сулакская тропа» и природно-культурном наследии района [6], материалы проектирования туристского маршрута как ресурса устойчивого развития территории [7], картографические источники, космические снимки, GPS-треки, фотофиксация и результаты маршрутных наблюдений.



Рис. 1. Главный Сулакский каньон. Фото М. Гаджибекова

Fig. 1. Main Sulak Canyon. Photo by M. Gadzhibekov

**Таблица 1. Проектно-методические блоки создания туристского маршрута
«Большая Сулакская тропа»**

Table 1. Design and methodological blocks for creating the “Great Sulak Trail” tourist route

Блок работ Work block	Содержание Content	Практический результат Practical result
Камеральная инвентаризация	Литературные, архивные, картографические и проектные источники; анализ ресурсного потенциала и ограничений территории.	Предварительная схема маршрута и перечень опорных точек показа.
ДЗЗ и ГИС-анализ	Дешифрирование космических снимков; сопоставление рельефа, водной сети, дорог, троп, ООПТ и потенциально опасных участков.	Уточнение альтернативных ниток маршрута, зон риска и участков ограничения рекреационной нагрузки.
Полевое обследование	Маршрутные наблюдения, GPS-съемка, фото- и видеофиксация, интервью с местными жителями, проверка доступности.	Цифровые треки, координаты объектов, первичная база описаний и паспортных карточек.
Паспортизация	Описание ключевых объектов, условий прохождения, навигации, безопасности, экологических и интерпретационных требований.	Комплект документов для сертификации и последующей эксплуатации маршрута.
Интерпретация и просвещение	Учебные точки, путеводитель, экскурсионные тексты, медиаконтент, рекомендации по маркировке.	Образовательный эффект, подготовка молодых гидов и вовлечение местных сообществ.

Источник: составлено авторами по результатам проектно-полевых работ и опубликованным материалам [6; 7].

Source: compiled by the authors based on the results of design and field work and published materials [6; 7].

Методика исследования включала пять взаимосвязанных блоков. Первый блок связан с камеральной инвентаризацией ресурсов и ограничений. Второй блок включал дешифрирование данных дистанционного зондирования и сопоставление природных и инфраструктурных слоев в ГИС-среде. Третий блок был ориентирован на полевые маршрутные обследования, уточнение доступности и фиксацию координат объектов. Четвертый блок включал паспортизацию ключевых точек показа и участков трассы. Пятый блок был связан с подготовкой картографических,

навигационных и просветительских материалов.

Перед формированием итоговой схемы маршрута применялась последовательность проектно-методических действий, представленная в таблице 1.

Схема применяемого алгоритма приведена на рисунке 2. Она показывает, что паспортизация не является завершающей формальностью, а связывает предварительный анализ, полевую проверку, маршрутную безопасность и последующее управление туристским потоком.

**Рис. 2. Алгоритм географического проектирования и паспортизации маршрута
«Большая Сулакская тропа»**

Fig. 2. Algorithm of geographical design and passporting of the “Great Sulak Trail”

Дистанционное зондирование использовалось для предварительного дешифрирования ландшафтной структуры, выявления эрозионных форм, осыпных склонов, русел временных водотоков, участков антропогенного воздействия и зон, где прохождение тропы требует дополнительной полевой проверки. ГИС-анализ позволил сопоставить эти данные с рельефом, гидросетью, существующими дорогами и тропами, границами населенных пунктов, участками возможного подхода к воде и потенциальными местами стоянок.

GPS-съемка обеспечивала инструментальную фиксацию нитки маршрута и координатную привязку ключевых объектов. Полевые обследования дополняли цифровой анализ: на местности уточнялись фактическая проходимость, состояние старинных троп, сезонные ограничения, обзорность, точки возможной опасности, доступность для групп, а также локальная топонимика и сведения о «памяти места».

Паспортизация рассматривалась как метод документирования и управления. В паспорт объекта включались название, координаты, природная или историко-культурная характеристика, режим посещения, параметры доступности, рекомендации по безопасности, навигации, фотофиксация и интерпретационный комментарий. Такой формат позволяет использовать паспорт не только для сертификации, но и для подготовки гидов, аншлагов, путеводителя и цифровых материалов.

Результаты и их обсуждение

Физико-географическая основа маршрута определяется положением района в центральной части Дагестана, в зоне каньонной системы р. Сулак между хребтами Гимринским и Салатау. Главный Сулакский каньон отличается значительными морфометрическими параметрами: протяженностью около 18 км, узким днищем и глубиной до 1560 м. Каньонная система в целом включает Главный, Чиркейский и Миатлинский каньоны, что создает редкое сочетание природных, гидрологических и техногенных объектов показа [4; 6].

С точки зрения трассировки рельеф является одновременно ресурсом и ограничением. Высокие борта каньона формируют панорамные точки и сильный визуальный эффект, но крутые склоны, осыпные участки, эрозионные формы, узкие

тропы и сезонная изменчивость погоды требуют строгого отбора безопасных линий движения. Поэтому в проектировании использовался не принцип кратчайшего пути, а принцип устойчивого и воспроизводимого прохождения, при котором учитываются уклоны, обзорность, точки воды, места возможной эвакуации и связь с населенными пунктами.

Особое значение имеет природоохранный контекст. Наличие Мелиптинского республиканского заказника и иных ценных природных участков требует не расширения стихийных подходов к объектам, а концентрации потока на организованной тропе, ограничения схода с маршрута, маркировки, информирования и экологического просвещения [5]. В этом смысле маршрут становится инструментом не только туристского развития, но и природоохранного регулирования.

Культурно-исторический слой маршрута представлен старинными тропами, аулами, памятными местами, локальными топонимами, сюжетами Кавказской войны и объектами индустриального освоения XX в. Включение этих элементов позволяет рассматривать «Большую Сулакскую тропу» как культурный ландшафт, где природная выразительность каньона дополняется историей заселения, хозяйственного освоения и современной энергетической инфраструктурой. Такой подход согласуется с задачами развития познавательного и религиозно-культурного туризма в Дагестане [8].

Итогом проектирования стал кольцевой пешеходный маршрут протяженностью около 150 км, рассчитанный на многодневное прохождение. Маршрут объединяет природные комплексы каньонной системы, участки Гимринского, Унцукельского и Салатауского направлений, населенные пункты, панорамные точки, историко-культурные локалитеты и гидроэнергетические объекты [6; 7]. В результате формируется не линейная экскурсия к одному объекту, а пространственный каркас, способный перераспределять поток между несколькими участками и опорными точками.

В ходе проектирования была выделена система ключевых функциональных узлов: логистические входы в район, панорамные площадки, подходы к воде, возможные места стоянок, участки культур-

но-исторической интерпретации, зоны повышенного природного риска и точки, требующие навигационного обустройства. Такая структура обеспечивает связь между научным описанием территории и практическими задачами маршрута: безопасностью, навигацией, экскурсионным содержанием и сервисом.

Результаты применения основных географических технологий обобщены в таблице 2. Таблица показывает, что каждая технология дает не только научную информацию, но и конкретный управленческий эффект.

Паспортизация порядка 30 ключевых объектов позволяет перевести маршрут в управляемый формат. Для каждого объекта фиксируются не только сведения о его привлекательности, но и условия посещения: подходы, сезонность, требования безопасности, возможность интерпретации, необходимость маркировки и ограничения рекреационной нагрузки. Это принципиально отличает научно подготовленную тропу от стихийного туристского движения.

Инфраструктурный результат включает подготовку карты, путеводителя, медиаконтента и предложений по установке навигационных конструкций. Аншлаги и указатели в данном случае выполняют не рекламную функцию, а функцию терри-

ториального регулирования: они направляют посетителя по безопасной линии, предупреждают о режимных ограничениях, объясняют ценность объекта и снижают вероятность хаотичного перемещения по склонам и смотровым площадкам.

Социально-экономический эффект маршрута связан с включением местных сообществ. Населенные пункты на трассе и в зоне ее влияния могут выполнять функции размещения, питания, транспортной поддержки, услуг проводников, продажи локальной продукции и сопровождения образовательных программ. При этом устойчивость достигается не количеством посетителей как таковым, а их распределением по маршруту, вовлечением местных жителей и закреплением правил поведения на территории.

Образовательная составляющая является самостоятельным результатом проекта. Формат «живой географии» позволяет использовать маршрут как полевою площадку для школьников, студентов, молодых гидов и волонтеров. На маршруте можно демонстрировать процессы формирования каньонов, высотную дифференциацию природных условий, взаимодействие реки и рельефа, историческое значение троп, специфику природоохранных режимов и современное развитие туристско-рекреационного пространства.

Таблица 2. Результаты применения географических технологий при проектировании маршрута (составлено авторами)

Table 2. Results of applying geospatial technologies in route design (compiled by the authors)

Технология Technology	Выявляемые параметры территории Identified territorial parameters	Практическое значение для маршрута Practical significance for the route
Дистанционное зондирование	Ландшафтная структура, эрозионные формы, осыпные участки, русла временных водотоков, следы антропогенного воздействия.	Предварительное исключение небезопасных вариантов трассировки и выбор участков для полевой проверки.
ГИС-картографирование	Взаимное положение рельефа, гидросети, дорог, троп, населенных пунктов, ООПТ и объектов показа.	Создание цифровой основы маршрута, уточнение логистики и зон ограничения рекреационной нагрузки.
GPS-съемка	Точные координаты нитки маршрута, объектов, стоянок, смотровых точек и участков повышенного внимания.	Воспроизводимость маршрута, подготовка навигации, карт и паспортных карточек объектов.
Полевые обследования	Фактическая проходимость, состояние троп, обзорность, сезонные ограничения, локальная топонимика.	Корректировка маршрута, наполнение экскурсионного содержания, проверка безопасности на местности.
Паспортизация объектов	Описание природной, историко-культурной и инфраструктурной ценности, условий посещения и рисков.	Подготовка комплекта документов для сертификации, эксплуатации маршрута и обучения гидов.

В международной литературе устойчивый туризм рассматривается как система, в которой экономическая выгода должна соотноситься с реальным состоянием природной среды и управлением воздействиями [9]. Концепция жизненного цикла туристской территории также показывает, что рост популярности без регулирования может привести к перегрузке и снижению качества посещения [10]. Для «Большой Сулакской тропы» это особенно актуально: маршрут проектируется не после исчерпания ресурса, а на этапе, когда еще можно задать управляемую пространственную структуру.

С позиций экотуризма и туризма на природных территориях важнейшими условиями являются интерпретация природы, минимизация воздействия и участие принимающих сообществ [11-13]. В рассматриваемом проекте эти условия соединяются через паспорт маршрута: он фиксирует не только географические параметры тропы, но и правила ее дальнейшего использования. Таким образом, ДЗЗ, ГИС, GPS и паспортизация образуют единый технологический контур управления горной туристской территорией.

Заключение

Проведенное исследование показывает, что проектирование маршрута «Большая Сулакская тропа» должно рассматриваться как комплексная географическая задача, объединяющая физико-географический анализ, оценку туристско-рекреационного потенциала, учет природоохранных ограничений, трассировку, полевую проверку и паспортизацию объектов.

Первый вывод состоит в том, что уникальность Главного Сулакского каньона и прилегающих горных территорий требует

не простого продвижения объекта, а создания управляемой маршрутной системы. Без такой системы рост туристского интереса будет усиливать нагрузку на наиболее доступные и узнаваемые точки.

Второй вывод связан с ролью географических технологий. Дистанционное зондирование и ГИС позволяют предварительно оценить ландшафтную структуру, риски и ограничения; GPS-съемка обеспечивает точность и воспроизводимость трассы; полевые обследования проверяют пригодность решений на местности; паспортизация переводит результаты в форму, пригодную для сертификации, навигации и эксплуатации.

Третий вывод заключается в том, что кольцевой маршрут протяженностью около 150 км способен стать пространственным каркасом устойчивого туризма в зоне Сулакского каньона. Он связывает природные, культурно-исторические, инфраструктурные и образовательные компоненты, перераспределяет поток и создает условия для участия местных жителей в индустрии гостеприимства.

Четвертый вывод имеет прикладной характер: разработанный подход может быть использован для других горных туристских территорий России. Его основа – последовательное соединение ресурсной инвентаризации, ГИС-анализа, полевой трассировки, паспортной документации, навигации и интерпретации. Перспективы дальнейшей работы связаны с инфраструктурным обустройством маршрута, уточнением цифровой карты, мониторингом рекреационной нагрузки и расширением программ подготовки гидов и полевых школ.

Список источников

1. Газилов М. Г. К вопросу о развитии регионального туризма в России (на примере трех культурно-туристических центров Дагестана) // *Сервис plus*. 2024. Т. 18. № 2. С. 34-40. DOI: 10.5281/zenodo.12176964. EDN: LTQRMV
2. Кобызов Н. С. Формирование сети маршрутов в зоне туристских центров Алтая как концепция развития туристского региона // *Астраханский вестник экологического образования*. 2023. № 1(73). С. 84-94. EDN: XFKBZW
3. Кобызов Н. С., Дунец А. Н. Особенности проектирования туристских троп в системе сетей туристских маршрутов на Алтае (на примере левого бережья реки Катунь) // *География и природные*

References

1. Gazilov MG. On the development of regional tourism in Russia (on the example of three cultural and tourist centers of Dagestan). *Service Plus*. 2024;18(2):34-40. (In Russ). DOI: 10.5281/zenodo.12176964. EDN: LTQRMV
2. Kobzyev NS. Formation of a network of routes in the area of Altai tourist centers as a concept for the development of a tourist region. *Astrakhanskiy Vestnik Ekologicheskogo Obrazovaniya*. 2023(1(73):84-94. (In Russ). EDN: XFKBZW
3. Kobzyev NS, Dunets AN. Features in designing tourist trails in the system of networks of tourist routs on Altai (a case study of the left bank area of the Katun river). *Geografia i Prirodnye Resursy*.

ресурсы. 2024. Т. 45. № 3. С. 120-131. DOI: 10.15372/GIPR20240312. EDN: OEXCCA

4. Добрынин Б. Ф. Сулакский каньон в Дагестане // Известия Кавказского отдела Русского географического общества. 1917. Т. 25. № 1. 56 с.

5. Особо охраняемые природные территории Республики Дагестан: справочное издание. Махачкала: Алеф, 2020. 368 с. EDN: YDXELJ

6. Атаев З. В., Хусаинов И. М. Туристский маршрут «Большая Сулакская тропа»: природное и культурно-историческое наследие // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2025. Т. 10. № 4(42). С. 25-31. DOI: 10.25744/genb.2025.4.42.003. EDN: ZIBLCK

7. Атаев З. В. Проектирование туристского маршрута «Большая Сулакская тропа» как ресурс устойчивого развития территории // Фундаментальные и прикладные аспекты устойчивого развития ресурсных регионов: материалы IV (XXI) Всероссийской научной конференции с Международным участием (Новокузнецк, 06-09 декабря 2022 г.). Новокузнецк: Кузбасский гуманитарно-педагогический институт Кемеровского государственного университета, 2023. С. 142-146. EDN: MVDUVE

8. Абасова А. А. К вопросу о развитии религиозного туризма в Республике Дагестан // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18. № 2(67). С. 161-167. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-161-167. EDN: XINZQB

9. Buckley RC. Sustainable tourism: research and reality. *Annals of Tourism Research*. 2012;39(2):528-546. DOI: 10.1016/j.annals.2012.02.003

10. Butler R. W. The concept of a tourist area cycle of evolution: implications for management of resources. *The Canadian Geographer*. 1980;24(1):5-12. DOI: 10.1111/j.1541-0064.1980.tb00970.x

11. Fennell DA. Ecotourism. 5th ed. London: Routledge, 2020:398. DOI: 10.4324/9780429346293

12. Leung Y-F, Spenceley A, Hvenegaard GT, Buckley RC. Tourism and visitor management in protected areas: guidelines for sustainability. Gland, Switzerland: IUCN, 2018:120. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2018.PAG.27.en

13. Newsome D, Moore SA, Dowling RK. Natural area tourism: ecology, impacts and management. 2nd ed. Bristol: Channel View Publ., 2013. DOI: 10.2307/jj.27195461

2024;45(3):120-131. (In Russ). DOI: 10.15372/GIPR20240312. EDN: OEXCCA

4. Dobrynin BF. Sulak Canyon in Dagestan. *Izvestiya Kavkazskogo Otdela Russkogo Geograficheskogo Obshchestva*. 1917;25(1):56. (In Russ)

5. Specially protected natural areas of the Republic of Dagestan: reference publication. Ma-khachkala: Aleph, 2020:368. (In Russ). EDN: YDXELJ

6. Ataev ZV, Khusainov IM. Tourist route "Bol-shaya Sulak Trail": natural, cultural and historical heritage. *Grozny Natural Science Bulletin*. 2025;10(4(42):25-31. (In Russ). DOI: 10.25744/genb.2025.4.42.003. EDN: ZIBLCK

7. Ataev ZV. Design of the tourist route "Great Sulak Trail" as a resource for sustainable development of the territory. *Fundamental and Applied Aspects of Sustainable Development of Resource Regions: Proceedings of the 4th (XXI) All-Russian Scientific Conference with International Participation (Novokuznetsk, December 06-09, 2022)*. Novokuznetsk: Kuzbass Humanitarian Pedagogical Institute of Kemerovo State University, 2023:142-146. (In Russ). EDN: MVDUVE

8. Abasova AA. On the issue of the development of religious tourism in the Republic of Dagestan. *South of Russia: Ecology, Development*. 2023;18(2(67):161-167. (In Russ). DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-161-167. EDN: XINZQB

9. Buckley RC. Sustainable tourism: research and reality. *Annals of Tourism Research*. 2012;39(2):528-546. DOI: 10.1016/j.annals.2012.02.003

10. Butler R. W. The concept of a tourist area cycle of evolution: implications for management of resources. *The Canadian Geographer*. 1980;24(1):5-12. DOI: 10.1111/j.1541-0064.1980.tb00970.x

11. Fennell DA. Ecotourism. 5th ed. London: Routledge, 2020:398. DOI: 10.4324/9780429346293

12. Leung Y-F, Spenceley A, Hvenegaard GT, Buckley RC. Tourism and visitor management in protected areas: guidelines for sustainability. Gland, Switzerland: IUCN, 2018:120. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2018.PAG.27.en

13. Newsome D, Moore SA, Dowling RK. Natural area tourism: ecology, impacts and management. 2nd ed. Bristol: Channel View Publ., 2013. DOI: 10.2307/jj.27195461

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт геологии Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук; ди-

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Zagir V. Ataev, Ph.D. (Geography), Leading Researcher, Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences; Director of the Research Institute of Biogeogra-

ректор НИИ биогеографии и ландшафтной экологии, профессор кафедры географии и методики преподавания, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия; ведущий научный сотрудник центра географических исследований, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, Нальчик, Россия, zagir05@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7731-5594>

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

Критерии авторства

Атаев З. В. разработал концепцию работы, участвовал в полевых исследованиях, выполнил анализ данных и подготовил текст рукописи; Хусаинов И. М. проводил дистанционное зондирование территории, участвовал в полевых исследованиях и интерпретации результатов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 10.03.2026
Одобрена после рецензирования 24.03.2026
Принята к публикации 31.03.2026

phy and Landscape Ecology, Professor, Department of Geography and Teaching Methods, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia; Leading Researcher, Center for Geographical Research, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia, zagir05@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7731-5594>.

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

Contribution of the authors

Ataev Z. V. developed the concept of the research, participated in field research, analyzed the data and prepared the manuscript text; Khusainov I. M. carried out remote sensing of the territory, participated in field research and interpretation of the results.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 10.03.2026
Approved after reviewing 24.03.2026
Accepted for publication 31.03.2026

Науки о Земле / Earth Science

Оригинальная статья / Original Article

УДК: 911:338.48

DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-32-41

EDN: JLGXGW

Рекреационные ресурсы Абхазии: основные составляющие и их функциональность

©2026 Барцыц Л. М.¹, Гадиятов В. Г.^{2, 3}

¹Институт экономики и права Академии наук Абхазии

Сухум, Республика Абхазия, apsngeo@mail.ru

²Воронежский государственный технический университет,

³Воронежский государственный университет

Воронеж, Россия, gadiatovvg@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Цель. Оценка рекреационных ресурсов Республики Абхазия и разработка их типологии для эффективного использования в санаторно-курортной деятельности. **Методы.** В ходе исследования проведен комплексный географический анализ опубликованных и авторских материалов. Использованы данные метеорологических и гидрологических наблюдений за период с 1993 по 2014 г. Применены методы классификации и систематизации природных и историко-культурных объектов. **Результаты.** Создана многоуровневая классификация рекреационных ресурсов Абхазии, включающая такие таксономические единицы, как вид, класс, группа и функциональность. Выделены и подробно охарактеризованы основные виды ресурсов: природно-климатические, лечебно-курортные, спортивно-оздоровительные, историко-культурные, аграрно-промышленные и научно-просветительские. Выявлены виды антропогенной деятельности, оказывающие негативное влияние на рекреационный потенциал региона. **Выводы.** На основе полученных данных сформулированы рекомендации по модернизации рекреационной сферы. Реализация предложенных мер позволит сохранить природно-культурное наследие и обеспечить устойчивое развитие Абхазии и Кавказского региона в целом.

Ключевые слова: природа, рекреация, территория, ресурсы, классификация, вид, класс, группа, функциональность, инфраструктура.

Формат цитирования: Барцыц Л. М., Гадиятов В. Г. Рекреационные ресурсы Абхазии: основные составляющие и их функциональность // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2026. Т. 20. № 1. С. 32-41. DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-32-41. EDN: JLGXGW

Recreational Resources of Abkhazia: Main Components and Their Functionality

©2026 Levard M. Bartsyts¹, Vitaly G. Gadiyatov^{2, 3}

¹Institute of Economics and Law, Academy of Sciences of Abkhazia

Sukhum, Republic of Abkhazia, apsngeo@mail.ru

²Voronezh State Technical University,

³Voronezh State University

Voronezh, Russia, gadiatovvg@mail.ru

ABSTRACT. Aim. To evaluate the recreational resources of the Republic of Abkhazia and develop a typology for their effective utilization in health resort and tourism activities. **Methods.** The research involved a comprehensive geographical analysis of both published and original materials. Meteorological and hydrological observation data for the period from 1993 to 2014 were utilized. Methods of classification and systematization of natural, historical and cultural sites were applied. **Results.** A multi-level classification of Ab-

khazia's recreational resources was established, incorporating taxonomic units such as type, class, group and functionality. The main types of resources were identified and described in detail: natural and climatic, therapeutic and spa, sports and recreation, historical and cultural, agricultural and industrial, and scientific and educational. Furthermore, specific types of anthropogenic activities that negatively impact the region's recreational potential were identified. **Conclusions.** Based on the findings, recommendations for the modernization of the recreational sector were formulated. Implementing these measures will facilitate the preservation of natural and cultural heritage and ensure the sustainable development of Abkhazia and the broader Caucasus region.

Keywords: nature, recreation, resources, classification, species, class, group, functionality, infrastructure.

For citation: Bartsyts LM, Gadiyatov VG. Recreational Resources of Abkhazia: Main Components and Their Functionality. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2026;20(1):32-41. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-32-41. EDN: JLGXGW

Введение

Рекреация связана с восстановлением физических и эмоциональных сил человека, затраченных в процессе трудовой деятельности. Она включает различные формы отдыха, направленные на поддержание здоровья, повышение работоспособности и улучшение качества жизни. Отдых может быть как активным, предполагающим смену деятельности, так и пассивным, основанным на снижении физических и психологических нагрузок. В современной научной литературе рекреация рассматривается как важная составляющая социального и территориального развития [1; 2].

Изучение рекреационных ресурсов, условий их использования и территориальной организации относится к сфере рекреационной географии. Близкие направления рассматриваются также в рамках географии туризма, досуга и свободного времени [3]. Эти исследования связаны с оценкой природных условий, туристической инфраструктуры и возможностей развития территорий, обладающих рекреационным потенциалом.

Абхазия относится к территориям, располагающим разнообразными рекреационными ресурсами. Благоприятные климатические условия, Черноморское побережье, горные ландшафты, минеральные источники и объекты историко-культурного наследия создают основу для развития различных видов рекреационной деятельности. Существенное значение имеют также санаторно-курортные учреждения, туристическая инфраструктура и природные объекты, используемые для отдыха и оздоровления населения.

Разнообразие природных и антропогенных рекреационных ресурсов респуб-

лики обусловило необходимость их систематизации. В работе предложена классификация рекреационных ресурсов Абхазии, включающая такие таксономические единицы, как вид, класс, группа и функциональность (табл. 1). В рамках классификации выделены природно-климатические, лечебно-курортные, спортивно-оздоровительные, историко-культурные, аграрно-промышленные и научно-просветительские виды рекреационных ресурсов.

Материалы и методы исследования

При подготовке работы использованы опубликованные материалы по рекреационной географии, климату и природным ресурсам Абхазии, статистические данные, а также сведения метеорологических и гидрологических наблюдений. Дополнительно привлекались собственные материалы авторов, полученные в ходе обследования рекреационных объектов, маршрутных выездов и анализа природных и инфраструктурных особенностей отдельных районов республики.

В качестве объектов рассмотрены природно-климатические, лечебно-курортные, историко-культурные, спортивно-оздоровительные, аграрно-промышленные и научно-просветительские рекреационные ресурсы Абхазии. При их отборе учитывались степень использования в рекреационной сфере, территориальная доступность, природные особенности и значение для туристско-курортной деятельности.

Классификация рекреационных ресурсов построена с учетом их происхождения, характера использования и выполняемых функций. В ее структуре выделены виды, классы, группы и соответствующие им функциональные направления.

Таблица 1. Классификация рекреационных ресурсов Абхазии (составлено авторами)
Table 1. Classification of recreational resources of Abkhazia (compiled by the authors)

Вид рекреационных ресурсов Type of recreational resources	Класс Class	Группа Group	Функциональность Functionality
Природно-климатический	Ландшафтный	Горно-ландшафтная	Горы, леса, природные ландшафты
	Морской	Прибрежная	Морские побережья, пляжи, акватории
Лечебно-курортный	Оздоровительный	Профилактическая	Пансионаты, базы отдыха, гостиницы
	Лечебный	Бальнеологическая	Санатории, лечебницы, минеральные источники
Спортивно-оздоровительный	Активный	Спортивная	Пешие, горные, водные, конные маршруты, вело-, мото- и автотуризм
	Пассивный	Комплексная	Экскурсии, прогулки, рекреационный отдых
Историко-культурный	Историко-археологический	Историческая	Археологические объекты, крепости, памятники истории
	Культурно-просветительский	Культурная	Музеи, памятники культуры, архитектурные объекты
Аграрно-промышленный	Промышленный	Производственная	Промышленные предприятия и объекты промышленного наследия
	Аграрный	Сельскохозяйственная	Винодельческие и сельскохозяйственные объекты
Научно-просветительский	Научный	Исследовательская	Конференции, научные мероприятия, образовательные программы
	Научно-популярный	Просветительская	Тематические встречи, выставки, экскурсии

Для оценки природно-климатических условий использованы данные о температуре воздуха, температуре морской воды и солнечной радиации по материалам метеостанций Гагры, Пицунды, Гудауты, Сухума и Очамчыры. При анализе гидрологических условий использованы сведения по акватории Черного моря в пределах абхазского побережья.

Для анализа климатических показателей использовалось сопоставление среднемесячных и среднегодовых значений температуры воздуха, температуры морской воды и солнечной радиации по отдельным пунктам наблюдений абхазского побережья.

Временной интервал (1993-2014 гг.) выбран в связи с наличием наиболее полных и сопоставимых рядов метеорологических и гидрологических наблюдений для территории Абхазии. Использование многолетних данных позволило выявить устойчивые климатические особенности региона и оценить их влияние на рекреационные условия побережья. Более поздние сведения по отдельным пунктам наблюдений представлены фрагментарно и не всегда сопоставимы по объему и структуре данных.

В работе использованы сравнительно-географический, классификационный и картографический методы, а также приемы систематизации и обобщения статистических и литературных материалов.

Результаты и их обсуждение

Рекреация оказывает существенное влияние на экономическое развитие любой территории [4]. В схеме районирования территории Абхазии, основанной на возможностях рекреационного комплекса, учтены санаторно-курортные объекты, туристическая инфраструктура, памятники природы и культурного наследия [5]. Созданная нами классификация рекреационных ресурсов Абхазии конкретизирует эту схему (табл. 1).

Природно-климатический вид. Этот вид ресурсов включает ландшафтный и морской классы. В районе Черноморского побережья Абхазии сформировался субтропический климат. Для рекреационного комплекса территории ведущее значение приобретает взаимосвязь климата и ландшафта, поэтому остановимся на них более подробно.

Абхазская Республика расположена на побережье Черного моря. На севере она

граничит с Краснодарским краем и Карачаево-Черкесской Республикой РФ, на востоке и юго-востоке – с Грузией. Средняя протяжённость территории Абхазии с северо-запада на юго-восток составляет 170 км, с юга на север – 66 км. В географическом отношении территория разделяется на три разные зоны: горную, холмистую и низменную, занимающие соответственно 64, 10 и 26 % [6]. Горная зона – это горы Главного Кавказского хребта, холмистая – образует узкую полосу отдельных холмов; низменная – приморская равнина шириной до 25 км, вытянутая с северо-запада на юго-восток. Вдоль береговой

линии протягивается полоса пляжей шириной от 30 м.

По данным статистического ежегодника «Абхазия в цифрах» [7], в тёплый период года в южной части прибрежной полосы средние месячные значения прямой солнечной радиации составляют 6-7 ккал/см¹, севернее Нового Афона – 7-8 ккал/см¹. Величина солнечной радиации зависит от облачности и количества атмосферных осадков. Наиболее высокие показатели солнечной радиации в летние месяцы отмечаются в Гагре, более низкие – в Сухуме (рис. 1).

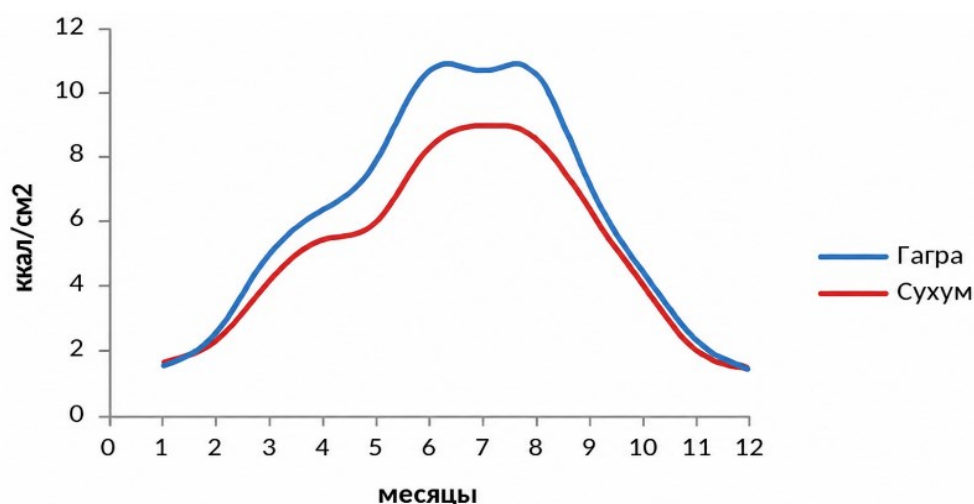


Рис. 1. Сумма прямой солнечной радиации (ккал/см²) в гг. Гагре и Сухуме (составлено авторами по данным [8])

Fig. 1. Total direct solar radiation (kcal/cm¹) in Gagra and Sukhum (compiled by the authors based on data from [8])

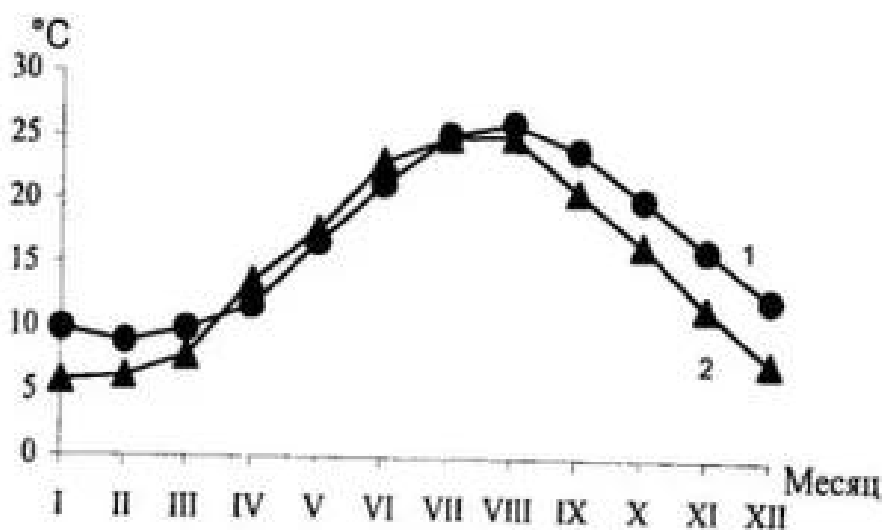


Рис. 2. Среднемесячные температуры воды и воздуха в Сухуме за 1994-2005 гг. (по данным [7])

Fig. 2. Mean monthly water and air temperatures in Sukhum in 1994-2005 (based on data from [7])

Таблица 2. Среднемесячная температура воды в акваториях черноморского побережья Абхазии и Сочи за период с 1993 по 2014 г.

Table 2. Average monthly water temperature in the waters of the Black Sea coast of Abkhazia and Sochi for the period from 1993 to 2014

Населенный пункт Settlement	Месяц Month												Средняя темп (°C) Average
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Гагра	10,2	9,2	9,0	10,7	15,0	19,7	23,6	25,0	23,3	19,7	15,7	12,4	16,1
Пицунда	9,8	8,9	9,0	11,4	15,5	20,3	23,7	24,5	23,1	19,4	15,2	12,0	16,0
Гудаута	7,8	6,5	7,4	8,8	14,2	18,0	22,9	24,4	22,0	17,1	13,2	9,7	14,3
Сухум	9,7	8,7	9,0	11,4	16,0	20,6	24,1	25,1	23,3	19,5	15,6	12,1	16,2
Очамчыра	9,0	8,5	9,4	12,3	17,1	21,8	24,9	25,6	23,5	19,2	15,0	11,1	16,5
Сочи	9,5	8,6	8,9	10,9	14,8	19,6	23,7	24,8	22,9	19,2	15,3	11,7	15,8

Годовые температуры воздуха по всему абхазскому побережью Черного моря практически одинаковые. Средняя температура июня – августа составляет +22–24 °С. Максимальная средняя температура, определенная в районе Гагры, в июле +24,5 °С, а в январе средняя температура +7 °С. В Сухуме в этом месяце на один градус ниже. Южнее январская температура понижается, и в г. Очамчыре составляет +4,1 °С. Осенью повсеместно происходит медленное равномерное охлаждение, и в конце ноября заканчивается период с устойчивой десятиградусной температурой. Самая низкая средняя годовая температура воздуха отмечена в 1994 г. (+12,9 °С), наиболее высокая – в 2001 г. (+16,3 °С). Средняя температура в зимние месяцы колеблется от +4 до +7 °С.

Среднемесячные температуры воды и воздуха в Сухуме за период наблюдений с 1994 по 2005 г. представлены на рисунке 2. Линия 1 отражает изменение температуры воды, линия 2 – температуры воздуха.

Анализ среднемесячных температур морской воды в акваториях черноморского побережья Абхазии за период с 1993 по 2014 г. показал, что наиболее высокие средние значения температуры воды характерны для района Очамчыры (+16,5 °С), тогда как более низкие отмечаются в гудаутской акватории (+14,3 °С) (табл. 2). В целом по побережью прослеживается увеличение температуры морской воды с северо-запада на юго-восток. Наиболее низкие зимние температуры воды на большей части побережья наблюдаются в феврале. Минимальные значения зафиксированы в районе Гудауты (+6,5 °С), максимальные – в Гагре (+9,2 °С). Наиболее высокие среднемесяч-

ные температуры морской воды отмечаются в августе (табл. 2).

Благоприятными климатическими составляющими рекреационных ресурсов Абхазии являются высокая солнечная активность и высокая температура морской воды и воздуха [8].

В функциональном отношении в категорию природно-климатических ресурсов входят также горы и памятники природы. Горы занимают около 70 % территории. Это высокие горные цепи – отроги Главного (Водораздельного) Кавказского хребта [9]. На северо-западной границе Абхазии расположены Гагрский и Бзыбский хребты, соответственно, с вершинами Арбаикой (2656 м) и Напррой (2684 м). На северо-восточной границе параллельно Главному хребту проходит Чхалтинский хребет, продолжающийся на западе Чедымским хребтом с абсолютной отметкой 3150 м н. у. м. (вершина Химса). Параллельно Главному хребту поднимается Кодорский хребет, восточнее – Сакенский. Через горы Большого Кавказа проходят 14 труднодоступных перевалов, находящихся на высоте более 2300 м н. у. м.

К памятникам природы относятся охраняемые территории и акватории, а также ландшафтно-архитектурные объекты, имеющие природную, историко-культурную и рекреационную значимость. В национальной географии Абхазии используются термины «объект рекреационный» [10]. Это любое место, которое можно использовать для отдыха.

Наиболее строгим режимом отличаются заповедники, в пределах которых запрещается любая хозяйственная деятельность (в том числе посещение людьми). На территории Абхазии находятся Псху-Гумистинский и Пицундо-Мюссерский

заповедники (рис. 3). Первый расположен в центральной части горной Абхазии. Заповедник площадью 40 тыс. га занимает бассейн р. Гумисты, и левобережье р. Кодор (в приустьевой части). Пицундо-Мюссерский заповедник находится в приморской части северо-западной Абхазии. Занимает часть Пицундского полуострова и Мюссерской возвышенности. Площадь – 3,8 тыс. га. Несмотря на особый режим заповедников, их можно использовать как заповедные зоны в составе национальных парков.

Особо охраняемой территорией являются также заказники, но по сравнению с заповедниками некоторые формы хозяйственной деятельности в них разрешены, поэтому при соблюдении определенных правил и норм заказники могут использоваться для рекреации (только на территории Абхазии заказников пока нет).

Для рекреационных целей важную роль играют национальные парки и другие особо охраняемые природные территории, сочетающие природоохранные и туристско-рекреационные функции. На территории Абхазии к таким объектам относится Рицинский реликтовый национальный парк, созданный в 1996 г. Парк отличается разнообразием природных ландшафтов и высокой рекреационной значимостью [11]. Он находится на южном склоне Главного Кавказского хребта, занимая площадь примерно 39 тыс. га. Благодаря значительному перепаду высот (100-3256 м) в парке произрастают разные растения и обитает много животных. Территория этого парка пользуется огромной популярностью отдыхающих.

Ландшафтно-архитектурные памятники представляют собой объекты культурного наследия, сочетающие особенности ландшафта, редкие растения, объекты архитектуры и др. Это Абхазский ботанический сад и Приморский парк в г. Сухуме, Царская аллея и Платформа Псырцха в Новом Афоне, Волчьи ворота в Цебельдинском ущелье и др. Наличие подобных природных территорий повышает рекреационный потенциал республики.

Согласно предложенной классификации, к рекреационным ресурсам относятся лечебно-курортные объекты, включающие оздоровительный и лечебный классы, подразделяемые на профилактические и лечебные группы. Их использование связано с развитием соответствующей инфра-

структуры: пансионатов, баз отдыха, гостиниц, санаториев и других объектов размещения. На территории Абхазии основные объекты рекреационной инфраструктуры сосредоточены преимущественно в Гагре, Пицунде, Новом Афоне и Сухуме. В современной структуре туристического размещения важную роль сохраняют санаторно-курортные учреждения, гостиницы и базы отдыха [12]. Приведенные сведения использованы для характеристики территориального размещения и структуры рекреационной инфраструктуры республики.

На территории Абхазии известно около 170 источников минеральных вод, которые по бальнеологическим особенностям не уступают Боржоми, Нарзану, Виши. Состав минеральных вод преимущественно углекислотно-карбонатно-натриево-кальциево-магниевый (Ауадхара, Ацгара, Салян), сероводородно-хлоридно-натриевый (Сухум, с. Хуара), а также гидрокарбонатно-натриевый (Мерхеул и др.).

Спортивно-оздоровительный вид рекреационных ресурсов разделяется на активный и пассивный классы, имеющие разное назначение и цели. Соответственно, выделяются спортивная и комплексная группы. Под спортивным туризмом подразумеваются многодневные походы с посещением геологических памятников, горных озер и водопадов или восхождения на горные вершины, сплавы по горным рекам, вело-, мотозаезды и др. При комплексном туризме совершаются различные экскурсии и походы. Они могут быть как пешими, так и водными, конными или горными, а также с использованием разного вида транспорта и других средств передвижения. Горная зона курорта Гагры предполагает наличие у туристов спортивной подготовки. В горной зоне Пицунды сосредоточено много озер, водопадов, минеральных источников, а также памятников культуры. Поэтому она интересна для туристов комплексной группы, предпочитающих незначительные нагрузки с нахождением на природе и знакомством с интересными объектами. Наиболее привлекательной для всех классов спортивно-оздоровительного туризма является горная зона курорта Сухума. Реки, озера и водопады привлекают любителей рафтинга, дайвинга и рыбалки, горные хребты и пещеры – альпинистов и спелеологов.



Рис. 3. Расположение памятников природы, истории и культуры на территории Абхазии (составлено авторами)

Fig. 3. Location of natural, historical and cultural heritage sites in Abkhazia (compiled by the authors)

Историко-культурный вид рекреации связан преимущественно с познавательными формами отдыха и включает историко-археологическое и культурно-просветительское направления. На территории Абхазии представлены различные объекты историко-культурного наследия, используемые в рекреационной деятельности (рис. 3) [13].

Существенную группу составляют памятники археологии, к которым относятся древние поселения, городища, курганы и другие объекты. Самые древние – дольменные эпохи средней бронзы (XXVI-XXV вв. до н. э.). На территории республики также сохранились памятники античного периода (VIII в. до н. э. – V в. н. э.), представленные остатками крепостей и древних поселений, объекты развитого и позднего средневековья (XI-XV вв.).

Памятники истории включают здания, памятные места и объекты, связанные с историческими событиями, развитием культуры, науки и общественной жизни. Памятники архитектуры – это крепости, мосты, культовые и гражданские сооружения, элементы старой планировки и исторической застройки населенных пунктов. Наиболее известными являются крепость Баграта, Беслетский мост и Анакопийская крепость.

Кроме того, на территории представлены памятники искусства, включающие произведения монументального, декоративно-прикладного и изобразительного искусства, а также мемориальные объекты – памятники, музеи, храмы и другие сооружения, связанные с важными историческими событиями и выдающимися личностями.

Следовательно, памятники истории и культуры являются важной частью рекреационной деятельности. Их посещение способствует поддержанию культурных связей между отдыхающими из разных регионов (рис. 3).

Аграрно-промышленный вид рекреационных ресурсов заключается в промышленном туризме, который предполагает отдых с посещением промышленных или аграрных объектов. Это могут быть действующие предприятия или закрывшиеся объекты промышленного наследия, сельскохозяйственные и винодельческие хозяйства и цеха, интересные в историческом, производственном и технологическом отношении. Целью промышленной рекреации является знакомство с производственными процессами, объектами промышленного наследия, релаксация после непосредственной деятельности и восстановление работоспособности, а также профориентация с созданием возможных

социальных контактов. Объектами промышленной рекреационной деятельности могут быть тематические и профориентационные экскурсии на предприятия пищевой (Сухумский пивоваренный завод, ООО «Минеральные воды Абхазии») или горной промышленности (Абхазская горнопромышленная компания), а также посещение закрывшихся предприятий (Сухумский завод «Вина и воды Абхазии», Очамчырский хлебозавод, маслоэкстракционный завод и др.).

В отдельный рекреационный ресурс выделен научно-просветительский вид. Научно-просветительский вид рекреации связан с отдыхом и познавательной деятельностью, основанной на использовании научных знаний. Он состоит из научного и научно-популярного классов, объединенных общей просветительской направленностью. К основным формам относятся конференции, семинары, тематические встречи, обмен научным опытом и популяризация достижений науки и технологий. Кроме того, научно-просветительская деятельность может включать научно-популярный и экологический туризм. Научно-популярный туризм заключается в проведении тематических экскурсий в краеведческих музеях и выставках, а также в посещении научных и образовательных учреждений с проведением лекций или уроков по разным направлениям знаний. Экологический туризм подразумевает посещение природных и промышленных объектов с просветительской целью по вопросам загрязнения и охраны окружающей среды, бережного отношения к природным и другим достопримечательностям. Важное значение имеет ознакомление рекреантов с местными культурными традициями, особенностями кухни, быта и национального уклада. Информационные материалы целесообразно распространять через различные медиаресурсы, а также использовать туристические каталоги, буклеты и иные формы информационного сопровождения.

В результате проведенного исследования выявлен ряд антропогенных факторов, оказывающих отрицательное воздействие на рекреационные территории [14; 15]. К ним относятся загрязнение водоемов и морского побережья сточными водами и бытовыми отходами, разрушение берегов и пляжей, незаконное строитель-

ство и другие виды хозяйственной деятельности. Все это приводит к нарушению экологических связей в природных экосистемах.

Следует отметить, что перечень негативных факторов, влияющих на рекреационные территории Абхазии, значительно шире. Неблагоприятное воздействие на природную среду связано прежде всего с нерациональной организацией рекреационной и хозяйственной деятельности, нарушением экологического равновесия и чрезмерной нагрузкой на природные комплексы.

Заключение

Абхазия располагает значительным рекреационным потенциалом, основу которого составляют благоприятные природно-климатические условия, Черноморское побережье, горные ландшафты, минеральные источники и объекты историко-культурного наследия. Разнообразие природных и антропогенных ресурсов создает условия для развития лечебно-курортной, туристической, спортивно-оздоровительной, культурно-познавательной и научно-просветительской деятельности.

В работе предложена классификация рекреационных ресурсов Абхазии, включающая виды, классы, группы и функциональные направления использования ресурсов. Разработанная классификация позволяет систематизировать рекреационные объекты республики и может использоваться при оценке рекреационного потенциала территории и планировании развития туристско-рекреационной сферы.

Установлено, что важную роль в развитии рекреации играют природно-климатические особенности побережья, наличие бальнеологических ресурсов и высокая концентрация объектов историко-культурного наследия. Одновременно развитие рекреационной деятельности требует модернизации инфраструктуры, рационального использования природных ресурсов и соблюдения экологических требований.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке региональных программ развития туризма и рекреации, а также при подготовке научно-методических материалов, связанных с оценкой и классификацией рекреационных ресурсов.

Список источников

1. Реймерс Н. Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. М.: Россия молодая, 1992. 364 с.
2. Демиденко Г. А. Рекреационное природопользование. Красноярск, 2019. 281 с.
3. Лукин А. Л. Синергетика. Структурная гармония природных и искусственных систем. Барнаул, 2018. 146 с.
4. Авдеева К. В., Апатова Н. В. Влияние рекреационной инфраструктуры на развитие региона // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 9-1(51). С. 13-15. DOI: 10.18454/IRJ.2016.51.094. EDN: WLVBGN
5. Барцыц Л. М. Рекреационный район Республики Абхазия в единой рекреационной системе Кавказа // Актуальные проблемы и перспективы развития современной науки: сборник научных трудов по материалам 2-й Международной заочной научно-практической конференции. Ставрополь: ООО «Секвойя», 2016. С. 5-17. EDN: VNBCWZ
6. Гулия В. О., Орловская Т. В., Адзинба З. И., Читанова С. М. Физико-географическая характеристика Абхазии (Сообщение 1) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 11-1. С. 35-38. EDN: SUEELH
7. Абхазия в цифрах 2018: статистический ежегодник / Управление государственной статистики Республики Абхазия. Сухум: Лагвилава, 2019. 248 с.
8. Меншиков В. Л., Пешков В. М. Берег Пицунды: факты и гипотезы. М.: Мысль, 1980. 112 с.
9. Гицба Я. В. Многолетняя и сезонная изменчивость климатических факторов над Абхазской акваторией Чёрного моря // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2007. № 5. С. 66-70. EDN: IASMBZ
10. Куфтырева Н. С., Лашхия Ш. В., Мгеладзе К. Г. Природа Абхазии. Сухуми: Грузглавполиграфиздат, 1961. 341 с.
11. Новикова В. И. Составляющие территориальной рекреационной системы: определения, классификация // Псковский регионологический журнал. 2013. № 16. С. 133-149. EDN: QCVNNT
12. Гумба Х. М., Киселева Е. И., Волокитин В. П. Конкурентоспособность объектов туристического размещения Республики Абхазия: аспект энергоэффективности // Экономика и предпринимательство. 2023. № 11(160). С. 165-169.
13. Аргун А. В., Пищулина В. В. Нововыявленный объект в Бзыбской крепости, Республика Абхазия (предварительное сообщение) // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2025. № 99. С. 61-66. DOI: 10.31029/vestdnc99/8. EDN: RZMUOT

References

1. Reimers NF. Hopes for human survival. Conceptual Ecology. Moscow: Rossiya Molodaya, 1992:364. (In Russ)
2. Demidenko GA. Recreational Nature Management. Krasnoyarsk, 2019:281. (In Russ)
3. Lukin AL. Synergetics. Structural harmony of natural and artificial systems. Barnaul, 2018:146. (In Russ)
4. Avdeeva KV, Apatova NV. The influence of recreational infrastructure on the development of region. *International Research Journal*. 2016(9-1(51)):13-15. (In Russ). DOI: 10.18454/IRJ.2016.51.094. EDN: WLVBGN
5. Bartsyts LM. Recreational region of the Republic of Abkhazia in the unified recreational system of the Caucasus. *Current Problems and Prospects for the Development of Modern Science: A Collection of Scientific Papers Based on the Materials of the 2nd International Correspondence Scientific and Practical Conference*. Stavropol: Sequoia, 2016:5-17. (In Russ). EDN: VNBCWZ
6. Gulia VO, Orlovskaya TV, Adzinba ZI, Chitanava SM. Physical features of Abkhazia (report 1). *Mezhdunarodniy Zhurnal Prikladnyh i Fundamental'nyh Issledovaniy*. 2014(11-1):35-38. (In Russ). EDN: SUEELH
7. Abkhazia in figures 2018: statistical yearbook. State Statistics Office of the Republic of Abkhazia. Sukhum: Lagvilava, 2019:248. (In Russ)
8. Menshikov VL, Peshkov VM. The coast of Pitsunda: facts and hypotheses. Moscow: Mysl, 1980:112. (In Russ)
9. Gitsba Ya. V. Long-term and seasonal variability of climatic factors over the Abkhaz waters of the Black Sea. *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Sciences*. 2007(5):66-70. (In Russ). EDN: IASMBZ
10. Kuftyreva NS, Lashkhia ShV, Mgeladze KG. Nature of Abkhazia. Sukhumi: Gruzglavpoligrafizdat, 1961:341. (In Russ)
11. Novikova VI. Components of territorial recreation system: the definition and classification. *Pskovskiy Regionologicheskiy Zhurnal*. 2013(16):133-149. (In Russ). EDN: QCVNNT
12. Gumba KhM, Kiseleva EI, Volokitin VP. Competitiveness of tourist accommodation facilities in the Republic of Abkhazia: an energy efficiency aspect. *Ekonomika i Predprinimatel'stvo*. 2023(11(160)):165-169. (In Russ).
13. Argun AV, Pishchulina VV. A newdiscovered object at Bzyb fortress, Republic of Abkhazia (preliminary report). *Herald of Daghestan Scientific Center*. 2025(99):61-66. (In Russ). DOI: 10.31029/vestdnc99/8. EDN: RZMUOT
14. Yayli EA (ed.). The Black Sea shores: envi-

14. Берега Черного моря: экологические ориентиры в настоящем – устойчивое развитие в будущем // Материалы российско-абхазского Международного научно-практического семинара / под ред. Е. А. Яйли. Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2019. 80 с.

15. Барцыц Л. М. Национальная география Абхазии современное состояние, проблемы и перспективы ее развития. Сухум: Алашарбага, 2004. 211 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Барцыц Левард Мканович, научный сотрудник, Институт экономики и права Академии наук Абхазии, Сухум, Республика Абхазия, apsnygeo@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9146-5447>

Гадиятов Виталий Галияскарлович, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов, Воронежский государственный технический университет; профессор кафедры общей геологии и геодинамики, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, gadiatovvg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5063-893X>

Критерии авторства

Барцыц Л. М. – идея, сбор и обработка материала, анализ данных, написание статьи; Гадиятов В. Г. – идея, написание статьи, научное редактирование текста.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 14.02.2026
Одобрена после рецензирования 10.03.2026
Принята к публикации 25.03.2026

environmental benchmarks in the present – sustainable development in the future. *Proceedings of the Russian-Abkhaz International Scientific and Practical Seminar*. Krasnodar: Yug Publ., 2019:80. (In Russ)

15. Bartsyts LM. National geography of Abkhazia: current state, issues and prospects for its development. Sukhum: Alasharbaga, 2004:211. (In Russ)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Levard M. Bartsyts, Researcher, Institute of Economics and Law, Academy of Sciences of Abkhazia, Sukhum, Republic of Abkhazia, apsnygeo@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9146-5447>

Vitaly G. Gadiyatov, Doctor of Science (Geology and Mineralogy), Professor, Department of Building Structures, Bases and Foundations, Voronezh State Technical University; Professor, Department of General Geology and Geodynamics, Voronezh State University, Voronezh, Russia, gadiatovvg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5063-893X>

Contribution of the authors

Bartsyts L. M. – idea, collection and processing of material, data analysis, writing the paper; Gadiyatov V. G. – idea, writing the paper, scientific text editing.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 14.02.2026
Approved after reviewing 10.03.2026
Accepted for publication 25.03.2026

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 911.9:330.15
DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-42-51
EDN: KZOXRI

Предпосылки формирования современных уникальных береговых ландшафтов Черноморского побережья Краснодарского края: природные и антропогенные риски

©2026 Волкова Т. А.^{✉1}, Мелконянц А. А.², Жаворонков Д. В.²

¹Институт океанологии им. П. П. Ширшова Российской академии наук
Геленджик, Россия, mist-next4@inbox.ru[✉]

² Кубанский государственный университет
Краснодар, Россия, art08032@gmail.com, djavoronkov@yandex.ru

РЕЗЮМЕ. Цель настоящего исследования заключается в анализе предпосылок формирования современных уникальных береговых ландшафтов Черноморского побережья Краснодарского края, выявлении природных и антропогенных рисков, влияющих на устойчивость этих экосистем. **Методы.** Исследование основано на анализе научной литературы, отчетов и нормативных документов, касающихся взаимодействия природных процессов и человеческой деятельности в регионе. Используются методики картографирования, эколого-геохимический анализ, а также изучение исторических изменений береговой линии. **Результаты.** Установлено, что дефицит наносов и прямое антропогенное воздействие приводят к деградации береговых ландшафтов. Основными источниками загрязнений выступают нефтепродукты, химические вещества, промышленные и сельскохозяйственные сточные воды. Деятельность морского нефтегазового комплекса оказывает многостороннее негативное влияние на морские экосистемы. **Выводы.** Сохранение уникальности и стабильности береговых ландшафтов Черного моря требует интеграции усилий государства и бизнеса по снижению антропогенной нагрузки и внедрению экологически безопасных методов эксплуатации ресурсов. Необходима разработка комплексных программ мониторинга и управления, учитывающих как экономические потребности, так и экологическую устойчивость региона.

Ключевые слова: береговые ландшафты, Черноморское побережье, Краснодарский край, природные факторы, антропогенные риски, устойчивое развитие, мониторинг, управление ресурсами.

Благодарность

Работа выполнена по теме госзадания FMWE-2024-0027 «Комплексные исследования морских природных систем Черного и Азовского морей».

Формат цитирования: Волкова Т. А., Мелконянц А. А., Жаворонков Д. В. Предпосылки формирования современных уникальных береговых ландшафтов Черноморского побережья Краснодарского края: природные и антропогенные риски // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2026. Т. 20. № 1. С. 42-51. DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-42-51. EDN: KZOXRI

Prerequisites for the Formation of Current Unique Coastal Landscapes on the Black Sea Coast of the Krasnodar Territory: Natural and Anthropogenic Risks

© 2026 Tatyana A. Volkova^{✉1}, Artur A. Melkonyants², Dmitry V. Zhavoronkov²

¹Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences
Gelendzhik, Russia, mist-next4@inbox.ru[✉]

²Kuban State University
Krasnodar, Russia, art08032@gmail.com, dzhavoronkov@yandex.ru

ABSTRACT. The aim of the paper is to analyze the prerequisites for the formation of unique coastal landscapes in the Black Sea region of the Krasnodar Territory and to identify the natural and anthropogenic risks affecting the sustainability of these ecosystems. **Methods.** The research is based on a comprehensive analysis of scientific literature, reports and regulatory documents related to the interactions between natural processes and human activities in the region. We have used methods such as mapping, ecological analysis and geochemistry to study historical changes in coastal areas. **Results.** It has been established that sediment deficiency and direct anthropogenic impact lead to degradation of coastal landscapes. The main sources of pollution are petroleum products, chemicals, industrial and agricultural wastewater. The activities of the offshore oil and gas complex have a multifaceted negative impact on marine ecosystems. **Conclusions.** Preserving the uniqueness and stability of the Black Sea coastal landscapes requires the integration of government and business efforts to reduce anthropogenic pressure and introduce environmentally sound methods of resource exploitation. It is necessary to develop comprehensive monitoring and management programs that take into account both the economic needs and environmental sustainability of the region.

Keywords: coastal landscapes, Black Sea coast, The Krasnodar Territory, natural factors, anthropogenic risks, sustainable development, monitoring, resource management.

Acknowledgements

The research was financially supported on the topic of the state assignment FMWE-2024-0027 "Comprehensive Studies of Marine Natural Systems of the Black and Azov Seas".

For citation: Volkova TA, Melkonyants AA, Zhavoronkov DV. Prerequisites for the Formation of Current Unique Coastal Landscapes on the Black Sea Coast of the Krasnodar Territory: Natural and Anthropogenic Risks. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2026;20(1):42-51. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-42-51. EDN: KZOXRI

Введение

Протяжённость морских берегов России порядка 60 000 км, поэтому их роль для страны крайне велика: именно прибрежные зоны и происходящие там процессы во многом задают вектор социально-экономического развития регионов. Однако при планировании хозяйственного освоения побережий их природные особенности учитываются недостаточно. Проблема кроется в отсутствии в российском законодательстве концепции единого природного комплекса «суша-море». Управление прибрежной зоной раздроблено между разными ведомствами: водные объекты, леса, недра и прочие элементы природной среды регулируются отдельно и формально не подчиняются местным властям. Из-за этого даже продуманные решения по комплексной охране среды в рамках схем территориального планирования нередко игнорируются – ведь берега и акватории выходят за рамки юрисдикции региональных орга-

нов управления. Хотя протяжённость Черноморского побережья невелика в масштабах всей береговой линии России (общая протяжённость береговой линии исследуемого участка составляет около 400 км) (рис. 1), его значение для страны трудно переоценить: регион играет ключевую роль в геополитике, транспортной системе, экономике и охране природы. Это один из самых густонаселённых и динамично развивающихся районов с исключительным рекреационным потенциалом, где наряду с интенсивной хозяйственной деятельностью сохраняются уникальные природные резерваты, имеющие мировое значение для биоразнообразия. Существенную часть морских побережий составляют уникальные морские береговые ландшафты (УМБЛ), одновременно определяющие развитие прибрежных экосистем и формирующие социально-экономический облик региона, а также видоизменяющиеся под влиянием природных и антропогенных факторов [1].



Рис. 1. Схема Черноморского побережья Краснодарского края (район исследования)

Fig. 1. Map of the Black Sea coast of the Krasnodar Territory (research area)



Рис. 2. Береговые системы в пределах Черноморского побережья Краснодарского края (составлено по материалам [1])

Fig. 2. Coastal systems within the Black Sea coast of the Krasnodar Territory (compiled based on materials from [1])

Черноморское побережье Краснодарского края представляет собой уникальную природную систему, где сочетаются геоморфологические, экологические и социально-экономические факторы. Формирование современных береговых ландшафтов этого региона обусловлено сложным взаимодействием природных процессов и антропогенной деятельности, что создает как возможности для развития, так и серьезные риски для устойчивости этих экосистем.

В соответствии с определением [2], уникальными называются ландшафты, отличающиеся своей индивидуальностью и неповторимостью. Соответственно, УМБЛ – ландшафты на морском берегу, отличающиеся своей индивидуальностью и неповторимостью [1]. Если подходить формально (следовать определению), все берега северо-восточной части Черного моря по-своему уникальны и их можно отнести к УМБЛ. Все берега требуют особого подхода к их хозяйственному освоению [1].

В рамках исследований ученых Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, с учетом геологического строения, морфологии, литодинамических процессов и техногенной нагрузки на берега, были выделены отдельные береговые системы в пределах Черноморского побережья Краснодарского края: Междуречье рек Псоу – Мзымта (8 км); р. Мзымта – мыс Кодопс (106 км); мыс Кодопс – Идокопс (83 км); мыс Идокопс – Толстый мыс (20 км); Геленджикская бухта (11 км); Тонкий мыс – Дооб (11 км); Новороссийская бухта от мыса Дооб до Мысхако (11 км); Мысхако – Анапа (52 км); Анапа – мыс Железный Рог (58 км); Мыс Железный рог – Тузла (16 км) (рис. 2).

Природные факторы играют ключевую роль в формировании береговых ландшафтов. Как отмечают М. С. Аракелов и соавторы [3], значительная часть побережья развивается в условиях дефицита наносов, что приводит к активному процессу отступления береговой линии. Нарушение баланса между поступлением и расходом наносов, вызванное как естественными причинами, так и деятельностью человека, является одной из основных проблем. В частности, в районе Ново-

российска наблюдаются значительные риски, связанные с абразией и оползневыми процессами, которые усугубляются антропогенной нагрузкой [4]. Эти явления требуют особого внимания при планировании берегозащитных мероприятий.

Как отмечает С. А. Патин [5], современная экологическая ситуация в Мировом океане характеризуется сложностью и неравномерностью антропогенного воздействия. Особую тревогу вызывает тот факт, что районы с наиболее высокой биопродуктивностью часто совпадают с зонами интенсивного хозяйственного освоения. Несмотря на длительную историю изучения проблемы, многие вопросы, включая методологию количественной оценки воздействия, остаются нерешенными. Целью настоящего исследования является комплексное изучение природных и антропогенных факторов, оказывающих влияние на формирование и изменение береговых ландшафтов Черноморского побережья Краснодарского края. Исследование направлено на выявление существующих рисков, обусловленных дефицитом наносов, воздействием инженерно-технических сооружений, развитием промышленности и рекреации, а также изменением климата и иными факторами, способствующими деградации уникальной природы региона. Данная работа представляет собой обобщение современных знаний об источниках, факторах и последствиях влияния человека на морские экосистемы.

Материалы и методы исследования

Исследование основывается на анализе научных публикаций, отчетов и нормативных документов, посвященных изучению природного и антропогенного влияния на формирование береговых ландшафтов Черноморского побережья. Основной целью исследования было выявление ключевых факторов риска и возможных решений для устойчивого развития прибрежных районов.

Результаты и их обсуждение

В целом, как и во всех береговых регионах Мирового океана, в Российской Федерации хозяйствующие субъекты и государственные регулирующие органы постоянно сталкиваются не только с прояв-

лением опасных и неблагоприятных процессов в береговой зоне, но и с большим количеством экономических вопросов, связанных с природо- и землепользованием, строительством и эксплуатацией объектов инфраструктуры, а также отсутствием законодательной и нормативно-юридической базы для решения спорных ситуаций [6].

Воздействие на морскую среду можно разделить на две основные группы:

1) Прямое антропогенное воздействие, включающее рыболовство, судоходство, промышленные стоки, добычу полезных ископаемых и др.;

2) Климатические изменения, которые также в значительной степени обусловлены глобальной деятельностью человека.

Для систематизации информации в работе представлены экспертные оценки, которые ранжируют различные виды деятельности по степени их опасности для экологии и рыбного хозяйства на локальном, региональном и глобальном уровнях. Ключевые выводы из этого анализа:

– многофакторность и комплексность: на морские экосистемы одновременно воздействуют разнородные факторы – от химического загрязнения до физического разрушения местообитаний, причем их эффекты могут усиливать друг друга (синергизм);

– совпадение угроз и продуктивности: наиболее уязвимыми оказываются прибрежные зоны, где сосредоточено до 90 % промысловых биоресурсов, но одновременно здесь же проживает более 60 % населения Земли и концентрируется хозяйственная деятельность;

– смена приоритетов: если несколько десятилетий назад главной угрозой считалось только химическое загрязнение, то сегодня в число значимых факторов вошли перелов рыбы, физические разрушения, инвазии видов и акустическое загрязнение.

Согласно глобальным исследованиям, около 40 % акватории Мирового океана в той или иной мере подвержены воздействию человека. Наиболее пострадавшими регионами являются шельф Северного моря, Балтика, прибрежные воды Юго-Восточной Азии и Китая.

Среди относительно новых и масштабных угроз выделяются:

1) Акустическое загрязнение: интенсивность подводного шума от судоходства, сейсморазведки, строительства за последние десятилетия возросла в 10 и более раз. Звук в воде распространяется на огромные расстояния и серьезно влияет на морских млекопитающих и рыб, для которых он является основным средством коммуникации и ориентации;

2) Загрязнение микропластиком: накопление мелкодисперсных пластиковых частиц в океанических круговоротах. Их концентрация в некоторых районах Тихого океана уже превышает плотность зоопланктона, что создает потенциальную угрозу для морских пищевых цепей.

Загрязнение сопровождается большинством видов морской деятельности. Основные каналы поступления загрязняющих веществ:

1) прямой сброс отходов (промышленных, коммунальных, судовых);

2) вынос с речным стоком (удобрения, пестициды, нефтепродукты);

3) атмосферный перенос и выпадение аэрозолей.

Фоновое глобальное загрязнение формируется такими веществами, как нефтепродукты, тяжелые металлы, хлорорганические соединения и радионуклиды.

Особое место занимает нефтяное загрязнение. Его источники разнообразны: добыча, транспортировка, аварийные разливы и даже нелегальные сбросы с судов. При этом важно учитывать, что нефть является и природным субстратом (естественные выходы со дна составляют около 50 % глобального потока), что осложняет мониторинг и оценку именно антропогенного вклада.

Распределение загрязняющих веществ в морской среде неравномерно: наибольшие концентрации наблюдаются в прибрежных водах, эстуариях рек и зонах прямого воздействия. Загрязняющие вещества аккумулируются в пограничных средах: поверхностном микрослое воды и верхнем слое донных осадков, где их концентрации могут в сотни и тысячи раз превышать фоновые. Хотя биоаккумуляция токсикантов в промысловых орга-

низмах происходит, в целом морепродукты из российских вод считаются безопасными для здоровья.

Влияние на экосистемы и биоресурсы проявляется в перестройке сообществ – снижении видового разнообразия, эвтрофикации, изменениях в структуре трофических цепей. На основе экспертных оценок можно предположить, что в районах хронического загрязнения общий уровень биопродуктивности прибрежных экосистем снизился примерно на 10 % по сравнению с доиндустриальной эпохой. Наиболее уязвимы виды, чей жизненный цикл связан с прибрежной зоной и эстуариями, тогда как организмы открытых вод шельфа страдают в меньшей степени.

Развитие морского нефтегазового комплекса представляет собой один из наиболее масштабных и потенциально опасных видов деятельности на шельфе. Его воздействие многогранно и включает физическое, химическое и биологическое влияние. Наиболее значимые риски морского нефтегазового комплекса включают в себя последствия сейсморазведки, пластовые воды, инвазии чужеродных видов и нефтяные разливы. Сейсморазведка вызывает гибель планктона, икры и личинок рыб на близком расстоянии, а на расстоянии до 10-20 км нарушает поведение и миграционные пути промысловых рыб. Сброс пластовых вод в море является основным источником загрязнения на этапе добычи. Эти воды имеют высокую минерализацию и содержат токсичные вещества, что приводит к долгосрочным изменениям в донных сообществах. Биологические инвазии: сброс балластных вод танкеров может приводить к экологическим катастрофам, как это произошло в Черном море со вселением гребневика *Mnemiopsis*, который подрывал кормовую базу рыб и привел к коллапсу рыболовства. Нефтяные разливы остаются одной из самых серьезных угроз, особенно когда нефть достигает берега. Помимо крупных аварий, значительный вклад в загрязнение вносят многочисленные «малые разливы» при штатных операциях и нелегальные сбросы. Рыбохозяйственные последствия деятельности морского нефтегазового ком-

плекса включают прямые потери (гибель организмов, запреты на лов из-за загрязнения) и косвенные (сокращение промысловых акваторий из-за охранных зон, помехи траловому лову из-за подводной инфраструктуры). Наибольшие экономические убытки рыбной отрасли связаны именно с временными запретами на рыболовство и реализацию продукции после крупных разливов.

Также стоит отметить, что строительство Сочинского морского порта [7] в 1936 г. оказало необратимое воздействие на береговую зону. Порт, как поперечное сооружение полностью прервал вдольбереговой поток наносов, что вызвало размыв пляжей на протяжении многих километров восточнее. Ответом на эти процессы стало массовое строительство берегозащитных сооружений, которое приобрело массовый характер с 1950-х гг.

Береговая линия сегодня представляет собой почти сплошной инженерный комплекс: волноотбойные стены протяженностью более 80 км, сотни бун, километры волноломов и наброски из бетонных блоков. При этом многие сооружения, разрушаясь, не ремонтируются и не демонтируются, становясь постоянным элементом искусственного рельефа. Дополнительным мощным негативным фактором стала прямая добыча пляжеобразующего материала для нужд строительства, что приводило к резкому сокращению ширины пляжей, как показывают приведенные в статье данные за период с 1914 по 2018 г.

Антропогенное воздействие на береговые ландшафты Черноморского побережья проявляется в различных формах. Как показали исследования Л. В. Кропьянко и Л. А. Беспаловой [8], рекреационная деятельность, промышленность, сельское хозяйство и транспортная инфраструктура создают значительную нагрузку на прибрежные экосистемы. В городах Сочи, Анапа и Геленджик высокая плотность туристических объектов и транспортных потоков приводит к загрязнению морской воды, что подтверждается данными экспресс-анализов, выявивших превышение показателей предельно допустимой концентрации по аммонийному азоту и нефтепродуктам в устьях рек

Мзымты и Мацесты [3]. Такие загрязнения не только ухудшают качество воды, но и влияют на состояние пляжных зон, которые являются важным элементом береговых ландшафтов.

Особую проблему представляет совместимость различных видов хозяйственной деятельности. Как отмечают Л. В. Кропьянко и Л. А. Беспалова [8], конфликты между рекреацией, промышленностью и природоохранными мероприятиями создают напряженность в использовании прибрежных территорий. Например, развитие портовой инфраструктуры в Новороссийске, хотя и стимулирует промышленный рост, негативно сказывается на экологическом состоянии побережья [8]. Аналогичные проблемы наблюдаются в районах с интенсивным сельским хозяйством, где сток удобрений и пестицидов в море усиливает эвтрофикацию вод [6].

Для сохранения уникальных береговых ландшафтов Черноморского побережья необходимо учитывать как природные, так и антропогенные риски. Как подчеркивают М. С. Аракелов и соавторы [3], важным шагом является разработка комплексных программ мониторинга и управления, которые позволят балансировать экономическое развитие и экологическую устойчивость. Эффективные меры по берегоукреплению, такие как восстановление пляжей, могут быть более предпочтительными по сравнению с капитальными гидротехническими сооружениями, поскольку они меньше нарушают природные процессы [9].

Разлив мазута относится к числу наиболее опасных техногенных аварий, способных привести к масштабным экологическим, экономическим и социальным последствиям. Определение пространственной конфигурации таких последствий играет ключевую роль в организации эффективных мер по ликвидации аварии и минимизации ущерба.

Пространственное распространение разлива мазута зависит от множества факторов. Объем разлитого вещества является одним из основных параметров, определяющих масштабы загрязнения. Согласно классификации, разлив свыше 5000 т нефтепродуктов относится к чрезвычайным ситуациям федерального значения,

тогда как локальные аварии могут ограничиваться территорией объекта [10]. Важное значение имеет рельеф местности, так как он влияет на направление и скорость движения мазута. Например, на равнинных участках разлив может охватывать значительные площади, тогда как в холмистой местности распространение может быть ограничено естественными преградами.

Гидрометеорологические условия также оказывают существенное влияние на конфигурацию последствий. Ветер и осадки способствуют переносу мазута на большие расстояния, а низкие температуры могут замедлить процесс испарения, увеличивая продолжительность загрязнения. Наличие водных объектов усложняет ситуацию, поскольку мазут, попадая в реки или озера, образует устойчивую пленку, которая распространяется по течению и наносит ущерб водным экосистемам [11]. Для прогнозирования пространственной конфигурации последствий разлива мазута применяются современные методы моделирования. Эти методы учитывают физико-химические свойства мазута, особенности рельефа, гидрологические и метеорологические данные. Например, при разливе на почве моделирование позволяет определить глубину проникновения загрязнения в грунт и риск попадания вредных веществ в грунтовые воды. В случае аварии на водном объекте прогнозируются зоны распространения нефтяной пленки и участки, наиболее подверженные негативному воздействию [11].

Особую опасность представляют разливы мазута вблизи населенных пунктов или критически важной инфраструктуры. В таких ситуациях возможно образование паровоздушных смесей, способных привести к возгоранию или взрыву. Кроме того, длительное загрязнение почвы и воды может сделать территорию непригодной для проживания и хозяйственной деятельности. Для минимизации таких рисков необходимо оперативное развертывание мониторинговых систем, позволяющих отслеживать динамику распространения загрязнения и корректировать действия аварийных служб [12].

Таким образом, определение пространственной конфигурации последствий разлива мазута требует комплексного подхода, включающего анализ объема разлива, характеристик местности и текущих метеоусловий. Использование современных технологий моделирования и мониторинга позволяет своевременно оценивать масштабы угрозы и принимать эффективные меры по ликвидации чрезвычайной ситуации.

Заключение

Исследование показало, что формирование современных береговых ландшафтов Черноморского побережья обусловлено сложным взаимодействием природных и антропогенных факторов. Недостаточный приток наносов приводит к активному процессу отступления береговой линии, особенно в районе Новороссийска, где наблюдается значительное влияние абразионных и оползневых процессов. Прямое антропогенное воздействие включает рыболовство, судоходство, промышленные стоки, добычу полезных ископаемых и климатические изменения, усиливающие негативное влияние на морские экосисте-

мы. Источниками загрязнений выступают нефтепродукты, химические вещества, отходы промышленности и сельского хозяйства, которые негативно сказываются на качестве воды и здоровье экосистем. Проблемы морских нефтегазовых комплексов приводят к физическим, химическим и биологическим нарушениям, таким как гибель планктона, изменение донных сообществ и появление инвазивных видов. Морские экосистемы подвергаются множественным стрессовым факторам одновременно, что увеличивает сложность управления ими.

Необходимость интегрированного подхода требует разработки комплексных программ мониторинга и управления, которые будут учитывать как экономические потребности, так и экологическую устойчивость.

Таким образом, сохранение уникальности и стабильности береговых ландшафтов Черноморского побережья требует согласованных усилий по снижению антропогенной нагрузки и внедрению экологически безопасных методов эксплуатации ресурсов.

Список источников

1. Косьян Р. Д. Отчет о научно-исследовательской работе по теме: Научное обеспечение сбалансированного планирования хозяйственной деятельности на уникальных морских береговых ландшафтах и предложения по его использованию на примере Азово-Черноморского побережья Т. 8. Черное море // Архив Южного отделения Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН. Геленджик: ЮО ИО РАН, 2013. С. 1193-1318.
2. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев: Гл. ред. Молд. сов. энцикл., 1989. 406 с.
3. Аракелов М. С., Долгова-Шхалахова А. В., Ахсалба А. К., Жиба Р. Ю. К вопросу анализа геоморфологического и геоэкологического состояния и оценки природных и антропогенных рисков снижения устойчивости береговых систем восточной части Черного моря // Современные проблемы гидрометеорологии и устойчивого развития российской федерации (Санкт-Петербург, 14-15 марта 2019 г.). СПб: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2019. С. 512-514.
4. Косьян Р. Д., Крыленко В. В. Современное состояние морских аккумулятивных берегов

References

1. Kosyan RD. Research report on the topic: Scientific support for balanced planning of economic activities on unique marine coastal landscapes and proposals for its use on the example of the Azov-Black Sea coast. Vol. 8. Black Sea. *Archive of the Southern Branch of Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences*. Gelendzhik: Southern Branch of the Russian Academy of Sciences, 2013:1193-1318. (In Russ)
2. Dedyu II. Ecological encyclopedic dictionary. Chisinau: Chief Editor of Mold. Soviet Encyclopedia, 1989:406. (In Russ)
3. Arakelov MS, Dolgova-Shkhalakhova AV, Akhsalba AK, Zhiba RYu. On the issue of analyzing the geomorphological and geoecological state and assessing natural and anthropogenic risks of reducing the stability of coastal systems in the eastern part of the Black Sea. *Current Issues of Hydrometeorology and Sustainable Development of the Russian Federation (St. Petersburg, March 14-15, 2019)*. St. Petersburg: Russian State Hydrometeorological University, 2019:512-514. (In Russ)
4. Kosyan RD, Krylenko VV. The current state of the marine accumulative shores of the Krasno-

Краснодарского края и их использование. М.: Научный мир, 2014. 256 с.

5. Патин С. А. Антропогенное воздействие на морские экосистемы и биоресурсы: источники, последствия, проблемы // Труды ВНИРО. 2015. Т. 154. С. 85-104. EDN: UADJWP

6. Гогоберидзе Г. Г., Косьян Р. Д., Огородов С. А., Чубаренко Б. В., Бурнашов Е. М., Румянцева Е. А. Кадастр морских берегов России: заделы, проблемы, перспективы // Океанологические исследования. 2024. Т. 52. № 2. С. 183-205. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(2).10. EDN: SOXMYS

7. Петров В. А. Антропогенный фактор как рельефообразующий фактор береговой зоны черноморского побережья Краснодарского края (на примере участка берега Туапсе-Адлер) // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. № 11. С. 71-80. DOI: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/108/09>

8. Кропянко Л. В., Беспалова Л. А. Антропогенная деятельность на береговых ландшафтах и проблемы совместимости различных видов хозяйственной деятельности Азово-Черноморского побережья // Естественные и технические науки. 2013. № 10-1(17). С. 126-129. EDN: RILBJN

9. Косьян Р. Д., Крыленко В. В., Кулеев С. Б. Хрупкое равновесие Анапской пересыпи // Природа. 2012. № 2(1158). С. 19-28. EDN: OPGWTX

10. Исаева Л. К., Сулименко В. А. Экологическая безопасность объектов топливно-энергетического комплекса // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2013. № 4. С. 4-9. EDN SGXWKZ

11. Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. N 2451 «Об утверждении Правил организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации и территориального моря Российской Федерации, а также о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями от 11 декабря 2023 г.). URL: <https://base.garant.ru/400170332/> (дата обращения: 12.10.2026).

12. Рязанцева А. В. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2025. 150 с.

dar Territory and their use. Moscow: Nauchny mir, 2014:256. (In Russ)

5. Patin S. A. Anthropogenic impact on marine ecosystems and bioresources: sources, consequences, problems. *Trudy VNIRO*. 2015;154:85-104. (In Russ). EDN: UADJWP

6. Gogoberidze GG, Kosyan RD, Ogorodov SA, Chubarenko BV, et al. Coastal cadastre of the Russian Federation: basis, problems, prospects. *Journal of Oceanological Research*. 2024;52(2):183-205. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(2).10. (In Russ). EDN: SOXMYS

7. Petrov VA. Anthropogenic factor as a reliefforming factor of the coastal zone of the Black Sea coast of the Krasnodar Territory (on the Example of the Tuapse-Adler Coastline). *Bulletin of Science and Practice*. 2024;10(11), 71-80. (In Russ)

8. Kropyanko LV, Bepalova LA. Anthropogenic activity on seaside coastal landscapes and compatibility problems of different kinds of the Asov-Black Sea coast economic activity. *International Research Journal*. 2013(10-1(17):126-129. (In Russ). EDN: RILBJN

9. Kosyan RD, Krylenko VV, Kuleev SB. The fragile balance of the Anapa embankment. 2012(2(1158):19-28. (In Russ). EDN: OPGWTX

10. Isaeva LK, Sulimenko VA. Environmental safety of fuel and energy complex. *Fire and Emergencies: Prevention, Elimination*. 2013(4):4-9. (In Russ). EDN SGXWKZ

11. Decree of the Government of the Russian Federation No. 2451 dated December 31, 2020 "On approval of the rules for organizing measures to prevent and eliminate oil and petroleum product spills on the territory of the Russian Federation, with the exception of the internal sea waters of the Russian Federation and the territorial sea of the Russian Federation, as well as on invalidation of certain acts of the Government of the Russian Federation" (as amended on December 11, 2023). URL: <https://base.garant.ru/400170332/> (accessed 12.10.2026). (In Russ)

12. Ryazantseva AV. Protection of the population and territories in emergency situations: textbook for universities. 4th ed., revised and enlarged. Moscow: Yurait, 2025:150. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

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

Мелконянц Артур Арменакович, аспирант кафедры международного туризма и менеджмента, Кубанский государственный университет, art08032@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-6942-2980>

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

Критерии авторства

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 14.10.2025

Одобрена после рецензирования 02.12.2025

Принята к публикации 23.12.2025

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

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

Artur A. Melkonyants, Ph.D. student, Department of International Tourism and Management, Kuban State University, art08032@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-6942-2980>

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

Contribution of the authors

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

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 14.10.2025

Approved after reviewing 02.12.2025

Accepted for publication 23.12.2025

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 91:659.4
DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-52-63
EDN: QOVUPL

Имиджевые события как инструмент геокультурного брендинга региона: к вопросу о формировании устойчивого территориального образа

©2026 Ивашченко В. Э.¹, Волкова Т. А.^{✉2},

Анисимова В. В.¹, Жаворонков Д. В.¹

¹Кубанский государственный университет
Краснодар, Россия, ivashchenko.valiot56@gmail.com,
viktoriya23.84@mail.ru, djavoronkov@yandex.ru

²Институт океанологии им. П. П. Ширшова Российской академии наук
Геленджик, Россия, mist-next4@inbox.ru[✉]

РЕЗЮМЕ. Цель настоящего исследования заключается в выявлении роли имиджевых событий в формировании устойчивого территориального образа Краснодарского края и определении механизмов их влияния на геокультурное брендинг региона. **Методы.** Методологическую основу составили принципы геокультурного анализа, концепции территориального и туристического брендинга, структурно-функциональный подход, сравнительно-исторический метод и контент-анализ научных публикаций, посвящённых культурным ресурсам и имиджевым стратегиям регионов. Применение комплексного подхода позволило выявить взаимосвязи между культурными ландшафтами, событийными практиками и механизмами формирования территориального образа. **Результаты.** Установлено, что имиджевые события выполняют ключевые функции в процессе геокультурного брендинга региона, включая символизацию культурных ресурсов, расширение медиальной представленности территории, создание эмоционально окрашенных образов и формирование устойчивых ассоциаций. Показано, что природные, историко-культурные и нематериальные ресурсы Краснодарского края создают благоприятные условия для интеграции событийных практик в структуру региональной идентичности. Выявлены ограничения и риски применения имиджевых событий в брендинге, связанные с недостаточной согласованностью культурной политики, медийной волатильностью и отсутствием связей между локальными идентичностями и событиями. Определены условия, обеспечивающие их эффективность: встроенность в региональную культурную стратегию, медиальная управляемость, регулярность проведения и опора на устойчивые культурные коды. **Выводы.** Имиджевые события могут рассматриваться как важный инструмент геокультурного брендинга Краснодарского края, способный укреплять региональную идентичность, повышать символическую выразительность территории и обеспечивать воспроизводимость её позитивного образа в медийном и культурном пространствах. Их эффективность определяется степенью интегрированности в региональные стратегии развития, соответствием культурному коду территории и наличием устойчивых механизмов символического и коммуникативного воздействия. Результаты исследования формируют теоретическую основу для дальнейшего изучения событийных практик и разработки стратегий геокультурного продвижения регионов.

Ключевые слова: геокультурный брендинг, территориальный образ, имиджевые события, культурная политика, региональная идентичность, культурные ресурсы, символическое пространство, Краснодарский край.

Формат цитирования: Ивашченко В. Э., Волкова Т. А., Анисимова В. В., Жаворонков Д. В. Имиджевые события как инструмент геокультурного брендинга региона: к вопросу о формировании устойчивого территориального образа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2026. Т. 20. № 1. С. 52-63. DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-52-63. EDN: QOVUPL

Image-Building Events as a Tool for Regional Geocultural Branding: On the Formation of a Sustainable Territorial Image

©2026 Valery E. Ivashchenko¹, Tatyana A. Volkova^{✉2},
Viktoria V. Anisimova¹, Dmitry V. Zhavoronkov¹

¹Kuban State University

Krasnodar, Russia, ivashchenko.valiot56@gmail.com,
viktoriya23.84@mail.ru, djavoronkov@yandex.ru

²Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences
Gelendzhik, Russia, mist-next4@inbox.ru[✉]

ABSTRACT. The **aim** of the research is to identify the role of image events in shaping a sustainable territorial image of the Krasnodar Territory and determine the mechanisms of their influence on the regional geocultural branding. **Methods.** The methodological framework was based on the principles of geocultural analysis, concepts of territorial and tourist branding, a structural-functional approach, a comparative-historical method and a content analysis of scientific publications on the cultural resources and image strategies of regions. The use of a comprehensive approach made it possible to reveal the interrelations between cultural landscapes, event practices and the mechanisms involved in the formation of the territorial image. **Results.** It is established that image events perform key functions in the process of geocultural branding of a region, including symbolizing cultural resources, expanding the territory's media presence, creating emotionally charged images and forming stable associations. It is shown that the natural, historical, cultural and intangible resources of the Krasnodar Territory create favorable conditions for integrating event practices into the structure of regional identity. Limitations and risks of using image events in branding are identified, associated with insufficient coordination of cultural policy, media volatility and the absence of connections between local identities and events. The conditions ensuring their effectiveness are determined: integration into a regional cultural strategy, media controllability, regularity and reliance on stable cultural codes. **Conclusions.** Image events can be considered an important tool for geocultural branding of the Krasnodar Territory, capable of strengthening regional identity, enhancing the symbolic expressiveness of the territory and ensuring the reproducibility of its positive image in media and cultural spaces. Their effectiveness is determined by the degree of integration into regional development strategies, compliance with the cultural code of the territory and the presence of sustainable mechanisms of symbolic and communicative influence. The results of the research form a theoretical basis for further study of event practices and the development of strategies for geocultural promotion of regions.

Keywords: geocultural branding, territorial image, image events, cultural policy, regional identity, cultural resources, symbolic space, Krasnodar Territory.

For citation: Ivashchenko VE, Volkova TA, Anisimova VV, Zhavoronkov DV. Image-Building Events as a Tool for Regional Geocultural Branding: On the Formation of a Sustainable Territorial Image. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2026;20(1):52-63. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-52-63. EDN: QOBUPL

Введение

Формирование устойчивого территориального образа превратилось в одно из ключевых направлений регионального развития в условиях нарастающей конкуренции субъектов Российской Федерации за туристические потоки, инвестиции и внимание федеральных и международных

акторов. В современной научной дискуссии территориальный брендинг давно вышел за рамки маркетинговых стратегий и рассматривается как комплексный культурный феномен, укоренённый в локальных идентичностях, символическом капитале и ценностных системах региона. Концепция геокультурного брендинга –

интеллектуальной и практической деятельности по продвижению территории через её геокультурные ландшафты, историко-символические коды и смысловые основания региональной идентичности – получила развитие как в зарубежной, так и в отечественной науке.

Установлено, что привлекательность территории определяется не только её материальными ресурсами, но и устойчивыми образами, культурными кодами и эмоционально окрашенными ассоциациями, составляющими символическое измерение бренда. Важную роль в этом процессе играют институты муниципальной и региональной культурной политики, обеспечивающие интеграцию локального наследия и стратегий пространственного развития.

Особое место в формировании территориального образа занимают имиджевые события – культурные, гуманитарные, научные, спортивные и общественные мероприятия, усиливающие символическую значимость региона. Крупные события способны не только повышать его узнаваемость, но и транслировать положительные ценностные смыслы, создавая дополнительные каналы коммуникации с целевыми аудиториями – туристами, инвесторами, экспертным сообществом. В этом отношении имиджевые события органично вписываются в логику мягкой силы как инструмента внешнего позиционирования территории.

Краснодарский край обладает значительным культурным, природным и историческим потенциалом, высокой событийной активностью и культурной многослойностью, что делает его продуктивным объектом для изучения механизмов геокультурного брендинга. Вместе с тем регион сталкивается с проблемой неоднородности своего восприятия и необходимостью конкурировать с другими субъектами России за внимание туристов и инвесторов. В этих условиях систематический анализ влияния имиджевых событий на геокультурный бренд региона представляет собой актуальную научную задачу.

Цель исследования – проанализировать роль имиджевых событий как инструмента геокультурного брендинга Краснодар-

ского края и определить их вклад в формирование устойчивого территориального образа региона.

Задачи исследования включают:

1. Выявление теоретических основ геокультурного брендинга на основе трудов Д. Н. Замятина, С. А. Дианова, М. Ю. Тимофеева и др.;
2. Определение специфики имиджевых событий как инструмента формирования территориального образа;
3. Анализ культурных и социальных ресурсов Краснодарского края на основе данных региональных исследований;
4. Оценку влияния имиджевых событий на устойчивость геокультурного бренда региона.

Материалы и методы исследования

Исследование опирается на совокупность теоретических и эмпирических материалов, представленных в современных научных работах по проблематике территориального и геокультурного брендинга. Теоретико-методологическую основу составили концепции геокультуры и геокультурного брендинга, сформулированные Д. Н. Замятиным [1], где подчеркивается роль культурных ландшафтов, образов и символов в формировании пространственной идентичности. Существенное значение имеют положения С. А. Дианова [2] о муниципальной и региональной геокультурной политике, раскрывающие механизмы управления культурными ресурсами территории и принципы построения геокультурного образа. Важным элементом методологической базы стали исследования М. Ю. Тимофеева [3], посвящённые туристическому брендингу макрорегионов и структуре территориальной идентичности.

Материалы У. М. Мехдиевой [4], анализирующие роль гуманитарных и имиджевых событий в формировании позитивного внешнего образа территорий, позволяют рассматривать имиджевые события как значимый инструмент геокультурного продвижения региона.

Для анализа культурных и событийных ресурсов Краснодарского края использованы данные региональных исследований, посвящённых историко-культурному наследию, структуре туристического по-

тенциала и культурным практикам территории. Это позволило выявить специфику культурных ландшафтов региона, а также определить его ресурсную базу для формирования устойчивого геокультурного образа.

Методологически работа основана на применении комплекса качественных методов, что соответствует характеру изучаемых процессов и согласуется с исследовательскими традициями территориального и геокультурного брендинга, опирающимися преимущественно на качественные стратегии анализа. В качестве ключевого использован структурно-функциональный анализ, позволяющий рассматривать имиджевые события как элементы геокультурного поля региона и оценивать их влияние на формирование территориального образа. Применён сравнительно-исторический метод, обеспечивающий сопоставление различных типов событийных практик и их роли в формировании региональных идентичностей. Контент-анализ использован для исследования описаний и характеристик имиджевых мероприятий, представленных в научных публикациях и аналитических материалах, что позволило выделить основные смысловые доминанты и модели репрезентации территории.

Эмпирическую базу исследования составили:

- научные публикации по брендингу регионов, геокультурной политике и культурному наследию территорий;
- исследования, посвящённые туристическому развитию и структурированию культурных ресурсов Краснодарского края;
- аналитические обзоры событийных практик и гуманитарных форумов, представленные в работах отечественных авторов;
- материалы, характеризующие особенности культурных ландшафтов и локальных идентичностей регионов.

Использование комплексного подхода позволило обеспечить междисциплинарный характер исследования, объединяющий культурологическую, социокультурную и географическую перспективы ана-

лиза имиджевых событий как инструмента геокультурного брендинга региона.

Результаты и их обсуждение

Геокультурный бренд строится на сочетании культурного наследия, устойчивых локальных традиций и современных практик символического конструирования. Значимый вклад в теоретическое обоснование брендинга территорий вносит и М. Ю. Тимофеев [3], рассматривающий туристический бренд макрорегиона как систему устойчивых символов и репрезентаций, определяющих привлекательность территории. Туристический бренд, согласно его подходу, должен опираться на систему культурных характеристик и устойчивых идентификационных признаков, которые обеспечивают узнаваемость региона. В этом контексте геокультурный брендинг выступает механизмом смысловой структуризации территориального образа и одновременно инструментом повышения его привлекательности для различных целевых групп. Культурное наследие региона приобретает особое значение в исследованиях, посвящённых культурным ландшафтам и историко-культурным ресурсам территорий, поскольку именно через него обеспечивается воспроизводство устойчивых символических форм и закрепление региональной идентичности в общественном сознании. В работах по анализу локальных культурных комплексов (в том числе исследования В. П. Чегодаева и др. [5]) подчёркивается, что культурные ресурсы формируют основу идентичности территории и служат фундаментом для создания её устойчивого символического образа, обеспечивая преобладание культурных смыслов и их адаптацию к современным условиям территориального развития. Эти ресурсы включают как материальные объекты – архитектурные ансамбли, памятники истории и культуры, природные ландшафты, – так и нематериальные элементы, представленные традициями, фольклорными сюжетами и локальными мифами, формирующими ценностно-смысловое ядро территории и её ассоциативное восприятие (табл. 1).

Таблица 1. Сравнение ключевых теоретических подходов
Table 1. Comparison of key theoretical approaches

Автор / источник Author / Source	Ключевые понятия Key concepts	Вклад в теорию геокультурного брендинга Contribution to geocultural branding theory	Как используется в статье How used in the Paper
Д. Н. Замятин	Геокультура, геокультурный образ, мифологизация территории	Понимание территории как культурного феномена; роль символов и мифов	Формируется базовая категориальная основа
С. А. Дианов	Муниципальная и региональная геокультурная политика	Значение ценностных и смысловых оснований территориального бренда	Определяются механизмы управления культурными ресурсами региона
М. Ю. Тимофеев	Туристический бренд, культурные характеристики макрорегиона	Механизмы формирования устойчивой туристической привлекательности	Обосновывается, как события усиливают туристический бренд

Имиджевые события занимают особое место в системе формирования территориального образа, поскольку они представляют собой механизмы концентрации культурных смыслов и репрезентации ценностей региона в социально-коммуникационном пространстве. В исследованиях, посвящённых гуманитарному измерению политических и культурных процессов, отмечается, что различные формы публичной активности – международные форумы, культурные фестивали, научные конференции, художественные и этнографические мероприятия – позволяют территории не только транслировать собственную идентичность, но и формировать позитивный образ в глазах внешних аудиторий [4]. Имиджевые события становятся своеобразными символическими узлами, вокруг которых выстраиваются устойчивые ассоциации, отражающие уникальные особенности региона и его культурное своеобразие. Их значимость обусловлена тем, что они аккумулируют внимание общества, создают условия для проявления культурной, социальной и информационной активности и формируют контексты, в которых территориальные образы приобретают эмоциональную окраску. Однако с точки зрения геокультурного подхода, события такого рода могут рассматриваться как элементы символического пространства территории, способствующие её мифологизации и созданию новых смысловых структур. В рамках его концепции территория предстает как смысловой конструкт, насыщенный знаками и культурными кодами, где любое публичное событие по-

тенциально способно стать маркером культурной значимости места. Имиджевое событие закрепляет внимание к определённым пространственным точкам, усиливает символический потенциал ландшафтов и создаёт предпосылки для формирования устойчивых территориальных образов. Через ритуализированные формы публичной активности территория получает возможность «говорить» языком культурных символов, где каждый элемент события – тематическая направленность, участие известных персон, медиапокрытие – становится инструментом смысловой артикуляции региона. С. А. Дианов, развивая идеи о геокультурной политике территорий, подчёркивает, что эффективность событийных практик напрямую зависит от того, насколько они согласованы с ценностно-смысловым ядром региона и встроены в систему управленческих решений, направленных на укрепление культурной идентичности [6]. Имиджевые события становятся частью единой стратегии продвижения региона только тогда, когда они отражают его культурную специфику, историческую глубину и социальные приоритеты. В этом контексте они выполняют важную функцию согласования локальных идентичностей с общерегиональными направлениями развития. Событие оказывается не просто эпизодом культурной активности, а элементом целостной геокультурной политики, в рамках которой территория конструирует собственный смысловой образ и транслирует его в публичное пространство через механизмы культурного и информационного воздействия.

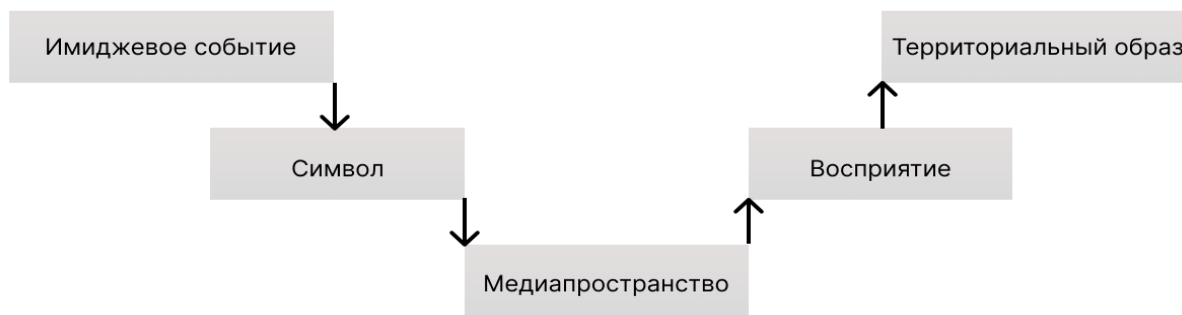


Рис. Инфографическая модель

«Влияние имиджевых событий на геокультурный бренд региона»

Fig. Infographic model “The influence of image events on the geocultural brand of a region”

С точки зрения туристического брендинга события выполняют роль устойчивых маркеров, усиливающих привлекательность территории и обеспечивающих воспроизводимость её образов. Туристический бренд формируется в значительной степени за счёт повторяемости символов, эмоционального опыта и культурных ассоциаций, которые формируются через участие в событиях и последующее медиальное распространение их образов. Имиджевые мероприятия позволяют территории акцентировать внимание на уникальных культурных характеристиках, демонстрировать аутентичность и создавать эмоционально насыщенные впечатления, которые закрепляются в сознании туристов и становятся частью устойчивого образа региона. Благодаря этому события превращаются в платформы продвижения культурных ресурсов, поддерживают интерес к территории и участвуют в долгосрочном укреплении её туристического статуса.

В совокупности имиджевые события выполняют не только коммуникативные и репрезентативные функции, но и служат механизмами смыслообразования, влияя на культурное восприятие территории и укрепляя её символический капитал. Они создают пространство взаимодействия между культурными ландшафтами, социальными практиками и медиальной средой, обеспечивая формирование устойчивого и эмоционально окрашенного территориального образа. Эти механизмы концептуально представлены в модели, разработанной авторами (рис.), где события выступают отправной точкой процесса

смыслообразования, переходящего в формирование устойчивого территориального образа. Данная модель отражает последовательность влияния событийной практики на восприятие региона и демонстрирует, как культурная активность преобразуется в символический капитал территории. Именно поэтому в региональных стратегиях развития, ориентированных на укрепление геокультурного бренда, имиджевые события становятся инструментами, способными не только транслировать ценности и символы территории, но и поддерживать её конкурентоспособность в условиях растущей межрегиональной и международной конкуренции.

Культурные и геокультурные ресурсы Краснодарского края представляют собой многослойную систему, в которой природные ландшафты, историко-культурное наследие и современные социокультурные практики образуют сложные смысловые поля, определяющие восприятие территории и её потенциал в брендинге. Если брать геокультурный подход, то территория понимается как совокупность пространственных и символических структур, в которых природные и культурные элементы приобретают образный характер и включаются в процессы смыслообразования [1]. Это означает, что ресурсы региона рассматриваются не только как объекты материального наследия или рекреационного использования, но и как элементы культурной памяти и идентичности, формирующие устойчивые визуальные и эмоциональные образы. Природный компонент Краснодарского края является од-

ним из наиболее выразительных и значимых элементов его геокультурного потенциала. Многообразие природы – от Черноморского побережья и предгорий и гор Кавказа до равнинных степей – создаёт богатую палитру ландшафтов, формирующих уникальные пространственные образы региона. Ландшафты, согласно исследованиям культурных территорий, обладают символической ёмкостью, поскольку они становятся основой для формирования эмоциональных и ценностных ассоциаций, возникающих в восприятии жителей и внешних аудиторий [5]. Природная уникальность региона выступает не только фактором туристической привлекательности, но и культурным ресурсом, включённым в устойчивую структуру территориального образа. Не менее значимым элементом геокультурного пространства является культурно-историческое наследие, включающее археологические памятники, традиционные поселения, объекты архитектуры, музейные комплексы и мемориальные пространства. В работах, посвящённых региональной культурной политике и структуре историко-культурного наследия, подчёркивается, что такие объекты обладают способностью закреплять культурную память, поддерживать преемственность и служить опорными точками для формирования региональной идентичности (С. А. Дианов, Л. П. Базарьева, А. В. Кобяков) [2]. Краснодарский край, обладая богатой историей заселения и культурным разнообразием, аккумулирует значительный объём символических ресурсов, которые могут быть трансформированы в элементы территориального бренда.

Нематериальные культурные практики – фольклор, обрядовые традиции, этнографические особенности – также формируют важный пласт геокультурного содержания региона. Эти элементы культурной жизни описываются исследователями как ключевые составляющие культурного кода территории, обеспечивающие устойчивость идентичности и создающие узнаваемые культурные маркеры [5]. Нематериальное наследие региона представляет собой динамичную часть культурного пространства, способную не

только поддерживать локальные идентичности, но и выступать ресурсом культурной репрезентации в рамках территориального продвижения.

Туристическая составляющая, подробно рассматриваемая в исследованиях территориального брендинга, усиливает значимость культурных и природных ресурсов, поскольку туристическая привлекательность во многом определяется способностью территории формировать эмоционально насыщенные и символически узнаваемые образы [3]. Краснодарский край, являясь одним из наиболее востребованных туристических регионов России, демонстрирует устойчивые тенденции формирования таких образов, основанных на сочетании природных, рекреационных и культурных характеристик. Туристический поток способствует репродукции территориальных символов, поддерживает их циркуляцию в медиапространстве и способствует закреплению положительных ассоциаций, что, согласно теории туристического брендинга, является важным условием устойчивости территориального образа.

Таким образом, культурные и геокультурные ресурсы Краснодарского края образуют целостное и многокомпонентное пространство, включающее природные ландшафты, материальное и нематериальное культурное наследие, а также активно формирующиеся туристические и социокультурные практики. Взаимодействие этих элементов обеспечивает регионам возможность не только транслировать собственную уникальность, но и формировать устойчивый территориальный бренд, основанный на глубинных культурных и символических структурах.

Имиджевые события занимают особое место в процессе формирования территориального образа Краснодарского края, выступая одним из ключевых инструментов геокультурного воздействия и символического конструирования пространства. Региональная среда формирует устойчивые геокультурные структуры за счёт включения культурных практик в символическую ткань пространства, где публичные события становятся своеобразными узлами смысловой концентрации и каналами репрезентации территориальной идентичности. Именно в рамках событийных практик пространство региона пере-

осмысливается, получает дополнительную символическую насыщенность и начинает функционировать как культурный текст, способный транслировать определённую модель региона вовне. Имиджевые события являются важными элементами культурной коммуникации, поскольку они формируют условия для проявления локальных ценностей, демонстрации культурных достижений и укрепления социального единства. По мнению С. А. Дианова, эффективность культурной политики зависит от способности региона выстраивать согласованную систему смыслов, репрезентирующую исторические и культурные особенности территории и поддерживающую устойчивость регионального образа [6]. В данном контексте имиджевые мероприятия выполняют функцию согласования локальных идентичностей с более широкими стратегиями позиционирования региона, становясь инструментом, через который формируется и закрепляется ценностно-смысловое ядро территориального бренда.

Значимую роль играют и медиальные механизмы событийных практик. Как отмечает У. М. Мехдиева, медийность является ключевым компонентом современного имиджетворчества, поскольку расширяет масштабы восприятия события и фиксирует его в социально-информационном пространстве, превращая локальную практику в элемент публичного дискурса [4]. Благодаря этому имиджевые события Краснодарского края получают возможность многократного воспроизводства через СМИ, социальные сети и визуальные коммуникации, что способствует формированию устойчивых ассоциаций и эмоционально значимых образов, укрепляющих позиционирование региона.

С позиций туристического брендинга, которое подробно исследует М. Ю. Тимофеев, события способны выполнять роль маркеров туристической привлекательности, создавая устойчивые эмоциональные впечатления, которые затем транслируются в устойчивые территориальные символы [3]. Краснодарский край, обладающий высокой рекреационной и культурной ёмкостью, может интегрировать события в существующие туристические маршруты, усиливая эффект присут-

ствия и формируя целостный образ региона как пространства динамичной культурной активности. Повторяемость событий, цикличность их проведения и включённость в календарь культурной жизни региона создают условия для закрепления межсезонных ассоциаций и постепенного формирования устойчивого восприятия территории.

Имиджевые события оказывают влияние на структурирование геокультурного пространства региона за счёт действия нескольких механизмов – символизации, медийной трансляции, эмоциональной вовлечённости и формирования ассоциативных связей.

Таким образом, имиджевые события становятся важным фактором формирования устойчивого территориального образа Краснодарского края, поскольку они укрепляют культурное содержание региона, демонстрируют его уникальность, интегрируют культурные ресурсы в процессы символического производства и обеспечивают устойчивость регионального бренда в медиальном и социальном пространстве. Их роль заключается не только в продвижении региона, но и в создании той смысловой среды, в которой культурные, природные и исторические элементы начинают функционировать как целостная система образов.

Ограничения, риски и условия эффективности имиджевых событий в геокультурном брендинге региона

Несмотря на значительный потенциал имиджевых событий в формировании территориального образа, их влияние на геокультурную структуру региона не является однозначным и определяется целым спектром факторов, обусловленных спецификой культурной политики, особенностями медийного пространства и состоянием локальной идентичности. В исследованиях С. А. Дианова подчёркивается, что успешность культурных инициатив зависит от степени согласованности событийных практик с ценностно-смысловым ядром территории, поскольку отсутствие такой согласованности приводит к фрагментации образа региона и уменьшению эффективности репрезентации [6]. Данный тезис развивается в рабо-

тах, посвящённых ценностно-смысловым основаниям муниципальной и региональной геокультурной политики, где подчёркивается, что именно ценностно-смысловое ядро определяет способность культурных инициатив закрепляться в образе территории [7]. При этом, как показывают исследования территориального брендинга сельских поселений городского типа, эффективность событийных и брендинговых практик существенно зависит от масштаба и типа поселения: инструменты, действенные для крупных центров, требуют адаптации к специфике малых территорий [8]. В. П. Чегодаев и Л. П. Базарьева, анализируя реализацию стратегии геокультурного брендинга, отмечают, что опора на историко-культурный потенциал территории выступает условием устойчивости формируемого символического образа [5]. Если культурная политика не формирует устойчивого набора символов и смыслов, события, несмотря на их масштабность, не способны закрепиться в культурной памяти и остаются разрозненными проявлениями публичной активности. Риски, связанные с имиджевыми событиями, во многом определяются также особенностями медийного сопровождения. Как отмечает У. М. Мехдиева, современная медиасреда обладает высокой динамикой интерпретаций, вследствие чего любое публичное событие оказывает-

ся подвержено переосмыслению и может формировать как позитивные, так и негативные ассоциации [4]. В условиях медийной конкуренции и фрагментарности информационных потоков событие теряет способность функционировать как устойчивый символ, если его образ не поддерживается целенаправленной коммуникационной стратегией. Это усиливает необходимость управляемости символическим производством и контроля над тем, какие элементы события становятся значимыми для внешней аудитории (табл. 2). Важный блок ограничений связан с туристическим восприятием территории. М. Ю. Тимофеев указывает, что устойчивость туристического бренда формируется за счёт повторяемости культурных практик и их соответствия ожиданиям аудитории, что означает ограниченную эффективность разовых мероприятий, не встроённых в более широкую систему территориального позиционирования [3]. В этом контексте событие может вызвать кратковременный всплеск интереса, но не приведёт к укреплению территориального образа в долгосрочной перспективе. Краснодарский край, обладающий богатой ресурсной базой, должен интегрировать событийную активность в общий контур культурного и туристического развития, иначе эффект будет носить эпизодический характер.

Таблица 2. Механизмы влияния имиджевых событий на формирование территориального образа региона

Table 2. Mechanisms of image events influence on the formation of the regional territorial image

Этап воздействия Stage of influence	Содержание механизма Mechanism content	Результирующий эффект Resulting effect
Имиджевое событие	Публичная культурная, социальная или гуманитарная активность, представляющая регион	Иницирует процессы символического и коммуникативного влияния
Символизация	Преобразование элементов события в культурные символы; усиление смысловой насыщенности пространства	Формирование устойчивых культурных маркеров территории
Медийная трансляция	Репрезентация события в СМИ, соцсетях, визуальных коммуникациях; расширение охвата	Закрепление образов территории в публичном дискурсе
Эмоциональная вовлечённость	Формирование эмоциональных впечатлений участников и зрителей; усиление субъективной значимости события	Появление эмоционально окрашенных ассоциаций, связанных с регионом
Формирование ассоциаций	Согласование культурных символов, медиальных образов и эмоциональных впечатлений	Комплекс устойчивых представлений о регионе
Устойчивый территориальный образ	Консолидированный символический результат событийного воздействия	Повышение узнаваемости, привлекательности и идентичности региона

В рамках геокультурного анализа, предложенного Д. Н. Замятиным, особое значение имеет способность территории поддерживать внутреннюю символическую непрерывность, которая нарушается при отсутствии связи между культурными ландшафтами, историческими сюжетами и современными формами событийности [1]. Если событие не опирается на культурную структуру региона или не усиливает её, оно оказывается слабым инструментом геокультурной репрезентации. В таком случае публичная активность не создает нового смыслового слоя, а лишь фиксируется как одноразовое проявление культурной жизни, не имеющее потенциала для включения в долговременную символическую картину территории.

Следует учитывать и ограничения, связанные с восприятием местным сообществом. Исследования культурных территорий показывают, что отсутствие социальной вовлечённости приводит к ослаблению символической силы события, поскольку локальная идентичность играет фундаментальную роль в воспроизводстве территориальных образов. Значимую роль в этом играет и чувственно-средовое измерение событий: как показывает П. А. Столбова, проектирование искусственных звуковых ландшафтов способно усиливать эмоциональную вовлечённость аудитории и формировать узнаваемую атмосферу мероприятия, закрепляя его в восприятии участников [9]. Если жители региона не рассматривают событие как часть собственной культурной реальности, оно не сможет стать значимым элементом регионального бренда, даже при масштабной медийной поддержке. Напротив, устойчивость территориального образа усиливается, когда событие интегрируется в локальные практики, становится частью коллективной культурной памяти и воспринимается как важный элемент жизни региона.

Подводя итог, эффективность имиджевых событий определяется сочетанием нескольких условий: соответствием региональному культурному коду, включённостью в культурную и туристическую политику, согласованностью с локальными идентичностями, целостностью медийной стратегии и способностью усиливать уже существующие символические структуры территории. Игнорирование

этих факторов приводит к снижению событийной значимости, риску искажения образа региона и утрате потенциала событий как инструмента геокультурного брендинга.

Заключение

Рассмотрение имиджевых событий в контексте геокультурного брендинга Краснодарского края позволило выявить, что подобные практики играют значимую роль в формировании территориального образа, оказывая воздействие на его смысловую структуру и механизмы публичной репрезентации. Анализ теоретических подходов, разработанных в рамках геокультурных, культурологических и туристических исследований, показал, что имиджевые события выступают не только инструментами продвижения территории, но и полноценными элементами символического пространства, способными закреплять культурные коды региона и усиливать их эмоциональную и ценностную выразительность.

Многообразие природных и культурных ресурсов Краснодарского края создаёт благоприятные условия для интеграции событийных практик в процессы формирования регионального образа. Включённость историко-культурного наследия, природных ландшафтов и локальных культурных традиций в событийную деятельность формирует многомерное пространство, в котором территория приобретает новые смысловые характеристики и получает возможность укреплять собственную идентичность. Имиджевые события обеспечивают взаимодействие между локальными культурными структурами и внешними аудиториями, способствуя трансляции региональной специфики и формированию устойчивых ассоциаций, определяющих восприятие Краснодарского края в межрегиональном и национальном контекстах.

Проведённый анализ также выявил, что эффективность событийных практик в геокультурном брендинге зависит от целостности культурной политики, согласованности символических акцентов и наличия устойчивого ценностно-смыслового ядра региона. Имиджевые события демонстрируют значительный потенциал только при условии их встроения

ности в систему долгосрочных культурных и туристических стратегий, отражающих особенности регионального наследия и отвечающих ожиданиям целевых аудиторий. Нарушение этой согласованности приводит к снижению символического эффекта событий, фрагментации образа и ограниченности их влияния на формирование территориального бренда.

Таким образом, имиджевые события могут рассматриваться как важнейшие механизмы формирования устойчивого территориального образа Краснодарского края, поскольку они интегрируют куль-

турные ресурсы, усиливают символическую насыщенность региона и способствуют закреплению многоуровневых смыслов в общественном восприятии. Полученные результаты подчёркивают необходимость дальнейшего развития событийных практик в рамках геокультурной политики и формируют основу для последующих исследований, направленных на изучение специфики событийных стратегий, их эффективности и роли в поддержании символической целостности регионального бренда.

Список источников

1. Замятин Д. Н. Геокультурный брендинг городов и территорий: от гения места к имиджевым ресурсам // Современные проблемы сервиса и туризма. 2015. Т. 9. № 2. С. 25-31. DOI: 10.12737/11392. EDN: TWLPFR
2. Дианов С. А., Базарьева Л. П., Кобяков А. В. Геобрендинг для угасшей территории: стратегии продвижения культурного наследия на муниципальном уровне // Этносоциум и межнациональная культура. 2023. № 3(177). С. 39-49. EDN: EJDJUG
3. Тимофеев М. Ю. Туристический брендинг регионов России. Дальний Восток // Управление культурой. 2021. № 3. С. 23-31. DOI: 10.70202/2949-074X-2024-3-3-23-31
4. Мехдиева У. М. Роль имиджевых мероприятий в геокультурном брендинге Азербайджанской Республики (на примере VI Бакинского международного гуманитарного форума) // Теории и проблемы политических исследований. 2020. Т. 9. № 6А. С. 73-80. DOI: 10.34670/AR.2020.66.47.030
5. Чегодаев В. П., Базарьева Л. П. Роль историко-культурного потенциала сельских поселений городского типа в реализации стратегии геокультурного брендинга // Технологос. 2022. № 4. С. 51-65. DOI: 10.15593/perm.kipf/2022.4.05
6. Дианов С. А., Дианова Ю. В. Геокультурный брендинг пермских городов: теория и практика. Пермь: Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний, 2022. 161 с. EDN: FDLPBC
7. Дианов С. А. Муниципальная и региональная геокультурные политики: ценностно-смысловые основания // Современный город: власть, управление, экономика. 2022. Т. 1. С. 225-233. DOI: 10.15593/65.049-66/2022.24
8. Базарьева Л. П. Особенности территориального брендинга в сельских поселениях городского типа // Современный город: власть, управление, экономика. 2022. Т. 1. С. 277-284. DOI: 10.15593/65.049-66/2022.29. EDN: IHMGPS

References

1. Zamyatin DN. Geocultural branding of cities and areas: from genius loci to image resources. *Service and Tourism: Current Challenges*. 2015;9(2):25-31. (In Russ). DOI: 10.12737/11392. EDN: TWLPFR
2. Dianov SA, Bazareva LP, Kobayakov AV. Geobranding for extinct territory: strategies for promotion of cultural heritage at the municipal level. *Etnosocium (Multinational Society)*. 2023(3(177)):39-49. (In Russ). EDN: EJDJUG
3. Timofeev MYu. Tourist branding of Russian regions. *Far East. Upravlenie Kulturoy*. 2021(3):23-31. (In Russ). DOI: 10.70202/2949-074X-2024-3-3-23-31
4. Mekhdiyeva UMK. The role of image events in the geocultural branding of the Republic of Azerbaijan (on the example of the VI Baku International Humanitarian Forum). *Teorii i Problemy Politicheskikh Issledovaniy*. 2020;9(6A):73-80. (In Russ). DOI: 10.34670/AR.2020.66.47.030
5. Chegodaev VP, Bazaryeva LP. The role of the historical and cultural potential of urban-type rural settlements in the implementation of the geocultural branding strategy. *Tekhnologos*. 2022(4):51-65. (In Russ). DOI: 10.15593/perm.kipf/2022.4.05
6. Dianov SA, Dianova YuV. Geocultural branding of Perm cities: Theory and practice. Perm: Perm Institute of the Federal Penitentiary Service, 2022:161. (In Russ). EDN: FDLPBC
7. Dianov SA. Municipal and regional geocultural policies: values and meaningful foundations. *Sovremennyyi Gorod: Vlast, Upravlenie, Ekonomika*. 2022;1:225-233. (In Russ). DOI: 10.15593/65.049-66/2022.24
8. Bazariyeva LP. Features of territorial branding in rural settlements of urban type. *Sovremennyyi Gorod: Vlast, Upravlenie, Ekonomika*. 2022;1:277-284. (In Russ). DOI: 10.15593/65.049-66/2022.29. EDN: IHMGPS

9. Столбова П. А. Инструменты и технологии проектирования искусственных звуковых ландшафтов // Слово о музыке. 2025. № 1(16). С. 77-83. EDN: KLIKAI

9. Stolbova PA. Tools and technologies for designing artificial sound landscapes. *Slovo o Muzyke*. 2025(1(16)):77-83. (In Russ). EDN: KLIKAI

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Ивашченко Валерий Эдуардович, аспирант кафедры международного туризма и менеджмента, Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия, ivashchenko.valiot56@gmail.com

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

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

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

Критерии авторства

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 18.12.2025
Одобрена после рецензирования 17.02.2026
Принята к публикации 10.03.2026

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Valery E. Ivashchenko, Ph.D. student, Department of International Tourism and Management, Kuban State University, ivashchenko.valiot56@gmail.com

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

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

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

Contribution of the authors

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

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 18.12.2025
Approved after reviewing 17.02.2026
Accepted for publication 10.03.2026

Науки о Земле / Earth Science

Оригинальная статья / Original Article

УДК: 711.1

DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-64-72

EDN: TDIUBQ

Территориальное планирование городской среды: опыт комплексного освоения территории Железнодорожного района Хабаровска

©2026 Липина Л. Н., Кононов Ю. В. ✉

Тихоокеанский государственный университет
Хабаровск, Россия, geo-lipina@rambler.ru, 006863@togudv.ru

РЕЗЮМЕ. Цель. Выявить градостроительные и землеустроительные условия подготовки проекта планировки и межевания территории на примере участка в Железнодорожном районе г. Хабаровска, ограниченном улицами Карла Маркса, Выборгской и переулком Черниговского, а также в выявлении проблем и предложении механизмов их решения. **Методы.** Исследование включает в себя комплексный анализ нормативно-правовой базы, изучение физико-географических характеристик территории, разработку графической и расчётной документации, а также оценку соответствия проекта действующему законодательству. Исследование проводилось поэтапно с применением методов градостроительного анализа и проектирования. **Результаты.** Исследование представило разработку проекта планировки территории площадью 7 га, предусматривающего строительство 5 многоквартирных домов переменной этажности (9-16 этажей). **Выводы.** Исследование показывает необходимость комплексного подхода к территориальному планированию. Выявлены ключевые проблемы района: сохранение историко-культурного наследия, обеспечение доступности инфраструктуры и создание комфортной городской среды. Предложены механизмы их решения, включающие разработку концепции сохранения наследия, оптимизацию размещения социальных объектов и развитие транспортной инфраструктуры. Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанных рекомендаций для совершенствования процесса территориального планирования и повышения качества городской среды.

Ключевые слова: территориальное планирование, градостроительное развитие, проект планировки территории, комплексное освоение территории, градостроительная документация, землепользование, городское планирование, градостроительный регламент, проект межевания, документация по планировке территории.

Формат цитирования: Липина Л. Н., Кононов Ю. В. Территориальное планирование городской среды: опыт комплексного освоения территории Железнодорожного района Хабаровска // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2026. Т. 20. № 1. С. 64-72. DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-64-72. EDN: TDIUBQ

Territorial Planning of the Urban Environment: The Experience of Comprehensive Development of the Zheleznodorozhny District in Khabarovsk

©2026 Lyubov N. Lipina, Yuri V. Kononov ✉

Pacific National University
Khabarovsk, Russia, geo-lipina@rambler.ru, 006863@togudv.ru ✉

ABSTRACT. Aim. To identify the urban planning and land management conditions for the preparation of a land use planning and surveying project using the example of a site in the Zheleznodorozhny District of Khabarovsk, bounded by Karl Marx Street, Vyborgskaya Street and Chernigovsky Lane, as well as to identify prob-

lems and propose solutions. **Methods.** The research includes a comprehensive analysis of the regulatory framework, a study of the physical and geographical characteristics of the territory, development of graphic and calculation documentation, and an assessment of the project's compliance with current legislation. The research was conducted in stages using methods of urban planning analysis and design. **Results.** The research demonstrates the development of a 7-hectare territory planning project, which includes the construction of 5 multi-storey apartment buildings (9-16 floors). **Conclusions.** The research demonstrates the need for a comprehensive approach to territorial planning. It identifies key issues in the area, such as preserving historical and cultural heritage, ensuring accessibility to infrastructure, and creating a comfortable urban environment. The research proposes solutions to these issues, including the development of a heritage conservation concept, optimizing the placement of social facilities and enhancing transportation infrastructure. The practical significance of the work lies in the possibility of applying the developed recommendations to improve the process of territorial planning and improve the quality of the urban environment.

Keywords: territorial planning, urban development, territory planning project, complex development of the territory, urban planning documentation, land use, urban planning, urban planning regulations, land surveying project, territory planning documentation.

For citation: Lipina LN., Kononov YuV. Territorial Planning of the Urban Environment: The Experience of Comprehensive Development of the Zheleznodorozhny District in Khabarovsk. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2026;20(1):64-72. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-64-72. EDN: TDIUBQ

Введение

Современное развитие урбанизированных территорий требует эффективного управления процессом территориального планирования, поскольку оно служит основополагающим фактором рационального распределения земельного ресурса, способствующего созданию благоприятных условий проживания и поддержанию высокого уровня социального комфорта наряду с экономическим развитием региона. Быстрое расширение инвестиционной активности и строительной отрасли существенно увеличило потребность в свободных территориях, подходящих для возведения жилья, производственных предприятий, административных учреждений и инфраструктуры разного назначения [1; 2]. Недостаточное внимание к вопросам территориального планирования способно привести к серьёзным негативным последствиям, выражающимся в неэффективном освоении пространства и снижении качества городской среды. Следует учитывать, что даже наличие подготовленных документов территориального планирования не гарантирует их безусловного утверждения и исполнения. Поэтому особую важность приобретает тщательная разработка документов, детально отражающих перспективы развития территории.

Ключевыми элементами системы территориального планирования выступают генеральный план поселения или город-

ского округа, а также схема территориального планирования муниципального района [3]. Документами по планированию конкретных территорий служат проекты планировки и межевания.

Целью работы является выявление градостроительных и землеустроительных условий подготовки проекта планировки и межевания территории на примере участка в Железнодорожном районе г. Хабаровска, ограниченном улицами Карла Маркса, Выборгской и переулком Черниговского, а также в выявлении проблем и предложении механизмов их решения, разработки проекта планировки территории и проекта межевания на конкретном примере, выявление возникающих проблем и предложение механизмов их преодоления. Рассматривается участок в Железнодорожном районе г. Хабаровска, ограниченный улицами Карла Маркса, Выборгской и переулком Черниговского.

Материал и методы исследования

Методологическая основа работы включает изучение нормативно-правовых актов и руководящих документов, регулирующих процесс территориального планирования и градостроительства. Исследование проводилось поэтапно:

1. Анализ нормативных документов: изучение Генерального плана городского округа «Город Хабаровск» в масштабе 1:20 000, Правил землепользования и застройки, местных норм градостроитель-

ного проектирования и прочих законодательных актов [4];

2. Определение характеристик территории: анализ физико-географических особенностей местности, текущего состояния застройки и перспективы её дальнейшего развития;

3. Создание графической и расчётной частей проекта: разработка чертежей и таблиц, отражающих параметры планируемой застройки, распределение земельных участков и другие важные характеристики территории;

4. Оценка соответствия законодательству: проверка подготовленных материалов на соответствие действующему российскому законодательству и местным стандартам градостроительного проектирования.

Территория исследования находится в пределах городского округа «Город Хабаровск» и классифицируется как «земли населённых пунктов» [5].

Документы разрабатываются в местной системе координат, применяемой для кадастрового учёта в Хабаровском крае (МСК-27). Картографическая и кадастровая основа выполнена в масштабе 1:2000.

Согласно действующему законодательству, при строительстве новых объектов особое внимание уделяется обеспечению свободного доступа маломобильных групп населения к сооружениям и коммуникациям [6].

Результаты и их обсуждение

Проанализированная территория представляет собой зону Железнодорожного района г. Хабаровска, расположенную между вышеуказанными улицами. Её общая площадь составляет 7 га.

В рамках проекта разработаны расчётные показатели плотности заселения и количества жителей, а также показатели капитальных строений различного назначения, включая жилые комплексы и социальную инфраструктуру (табл. 1).

Таблица 1. Показатели планируемого размещения объектов капитального строительства различного назначения, включая плотность и параметры застройки территории
Table 1. Indicators of the planned placement of capital construction projects for various purposes, including density and development parameters of the territory

№ зоны (участка) на плане Zone (site) number on the plan	Наименование зон планируемого размещения объекта капитального строительства Name of the location area of the capital construction facility	Площадь зоны, га Zone area, ha	Предельные параметры Limit parameters			
			Максимальный процент застройки, % Maximum development percentage, %	Предельная этажность Maximum number of floors	Расчетная интенсивность использования тыс. кв. м/га Estimated usage intensity, thousand m ² /ha	Приобъектные стоянки постоянного / временного хранения м / мест, кол-во On-site parking for permanent / temporary storage of vehicles, number of spaces
1	Многоэтажная жилая застройка (высотная застройка)	5,29	60	16	8,72	360/180
2	Детское дошкольное учреждение	0,96	60	3	2,5	–
3	Коммунальное обслуживание	0,09	–	–	–	–
4	Территории общего пользования (линейные объекты транспортной инфраструктуры)	0,17	–	–	–	–
5	Территории общего пользования (линейные объекты транспортной инфраструктуры)	0,05	–	–	–	–
6	Территории общего пользования (линейные объекты транспортной инфраструктуры)	0,44	–	–	–	–

Предусмотрено поэтапное выполнение строительных работ и модернизаций. Основной задачей градостроительного преобразования является трансформация исследуемой территории путём комплексного освоения её природных и антропогенных особенностей для организации жилых комплексов различной этажности. На участке планируется возвести пять многоквартирных домов переменной этажности (9-16 этажей) с сопутствующими коммерческими помещениями. Суммарная общая жилая площадь проектируемых домов составляет 45,79 тыс. м², распределённых на двух земельных участках. Дополнительно предусмотрен детский сад площадью 2,41 тыс. м² на одном участке. Расчётная численность населения проектируемой жилплощади оценивается примерно в 1367 человек. Графическое представление проекта планировки и межевания показано на рисунке 1.

Зоны планируемого размещения объектов рассчитаны в строгом соответствии с установленными нормативами (табл. 2).

Минимальные стандарты обеспеченности объектами социальной инфраструктуры определены в соответствии с нормативами градостроительного проектирования, установленными в Хабаровском крае (постановление от 27 мая 2013 года № 136-пр, с учетом последних изменений, внесенных 03 декабря 2021 года) [7].

Проект межевания территории в Хабаровске, охватывающий участок между улицами Карла Маркса, Выборгской и переулки Черниговского, был разработан на базе существующего проекта планировки.

По данным Единого государственного реестра недвижимости, на рассматриваемой территории расположено 32 земельных участка, прошедших кадастровый учет. Эти участки частично или полностью находятся в пределах границ проектируемой территории.

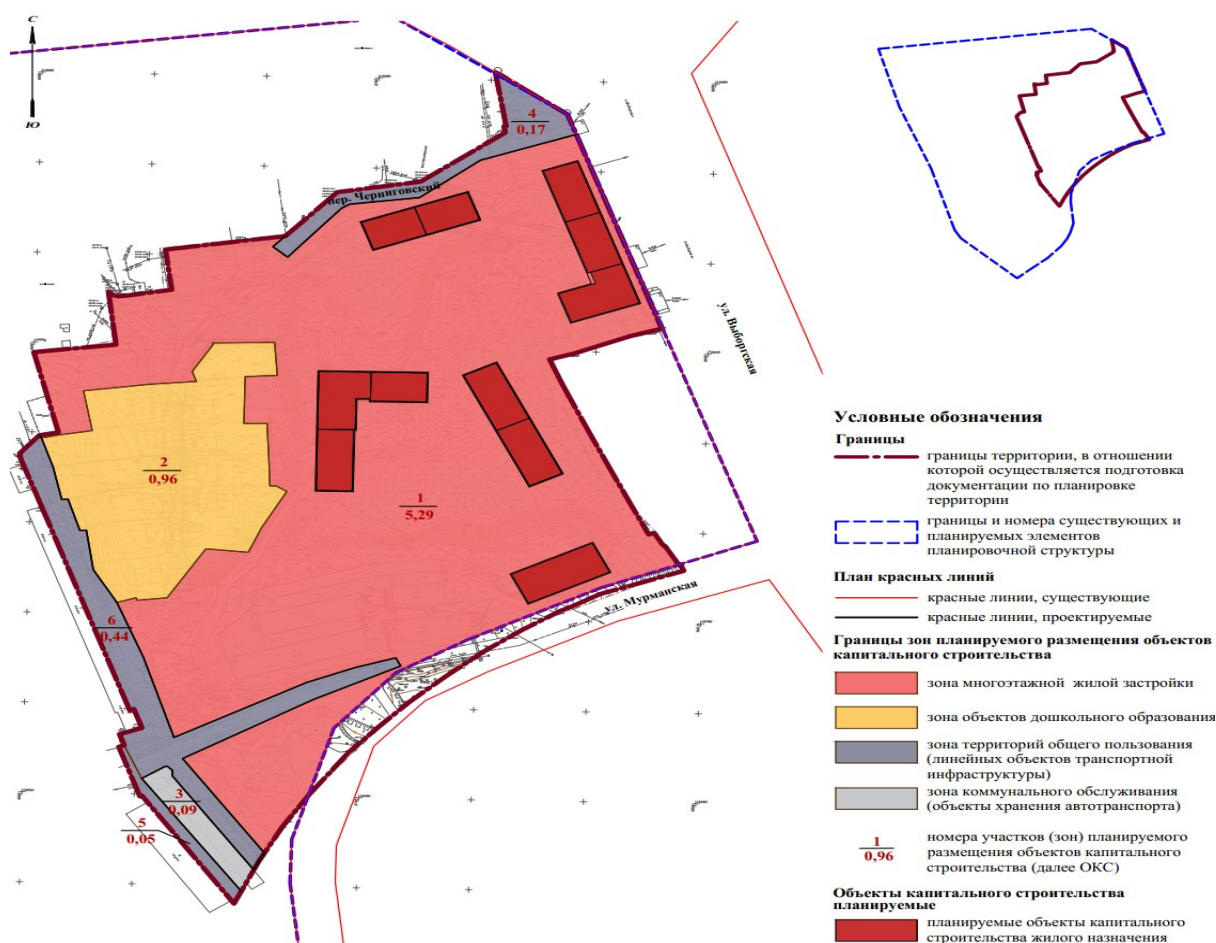


Рис. 1. Графическая часть проекта планировки территории
(составлено авторами)

Fig. 1. Graphic part of the territory planning project (compiled by the authors)

Таблица 2. Планируемый баланс территории в границах разработки проекта планировки
Table 2. Planned balance of the territory within the boundaries of the development plan

№ п/п St. No.	Наименование зоны размещения объекта капитального строительства Name of the location area of the capital construction facility	№ зоны размещения объекта капитального строительства на плане No. of the area where the capital construction facility is located on the plan	Единица измерения Unit of measurement	Площадь зоны размещения объекта капитального строительства The area of the placement area capital construction facility		Мощность объектов Power of objects
				га ha.	%	
	Общая площадь зон планируемого размещения в границах проекта планировки:		га	7,00	100	
Жилого назначения, в т. ч.						
1	Зона планируемого размещения многоквартирных жилых домов	1	га	5,29	75,57	45,79 тыс. кв.м. жилой площади
Социального назначения, в т. ч.						
2	Зона общественного использования объектов капитального строительства	2	га	0,96	13,71	-
Коммунального назначения, в т. ч.						
3	Планируемая зона коммунального обслуживания	3	га	0,09	1,29	-
Территории общего пользования, в т. ч.						
4	Зона территории общего пользования (линейные объекты транспортной инфраструктуры)	4,5,6	га	0,66	9,43	-

В проекте межевания для осуществления положений проекта планировки предусматривается:

1. Обеспечение неизменности границ земельных участков, прошедших государственный кадастровый учет и не содержащих кадастровых ошибок в сведениях, при условии соответствия их границ утвержденному проекту планировки и отсутствия необходимости в их преобразовании;
2. Установление местоположения границ формируемых земельных участков;
3. Обозначение границ земельных участков, которые после завершения процедуры формирования будут отнесены к территориям общего пользования;
4. Уточнение границ земельных участков, подвергаемых изменениям;

Реализация межевого проекта рассчитана на один этап.

В процессе выполнения работ были подготовлены каталоги координат для поворотных точек границ земельных участков, которые формируются или подвергаются изменениям. Каждому участку

присвоен условный номер [8]. Разрешённое использование новых земельных участков определено согласно проекту планировки территории. Пример картографического представления планировочной структуры городского округа «Город Хабаровск» представлен на рисунке 2.

Подготовленные расчёты показали, что территория способна обеспечить жильём до 1367 чел., причём каждая семья получит доступ к необходимому количеству квадратных метров на уровне среднестатистического показателя региона. Графический материал наглядно иллюстрирует размещение объектов капитального строительства и соответствующее функциональное зонирование.

На этапе межевания территории особое внимание уделено фиксации уже зарегистрированных земельных участков, определению границ образующихся участков и корректировке тех, чьи параметры подлежат изменению.

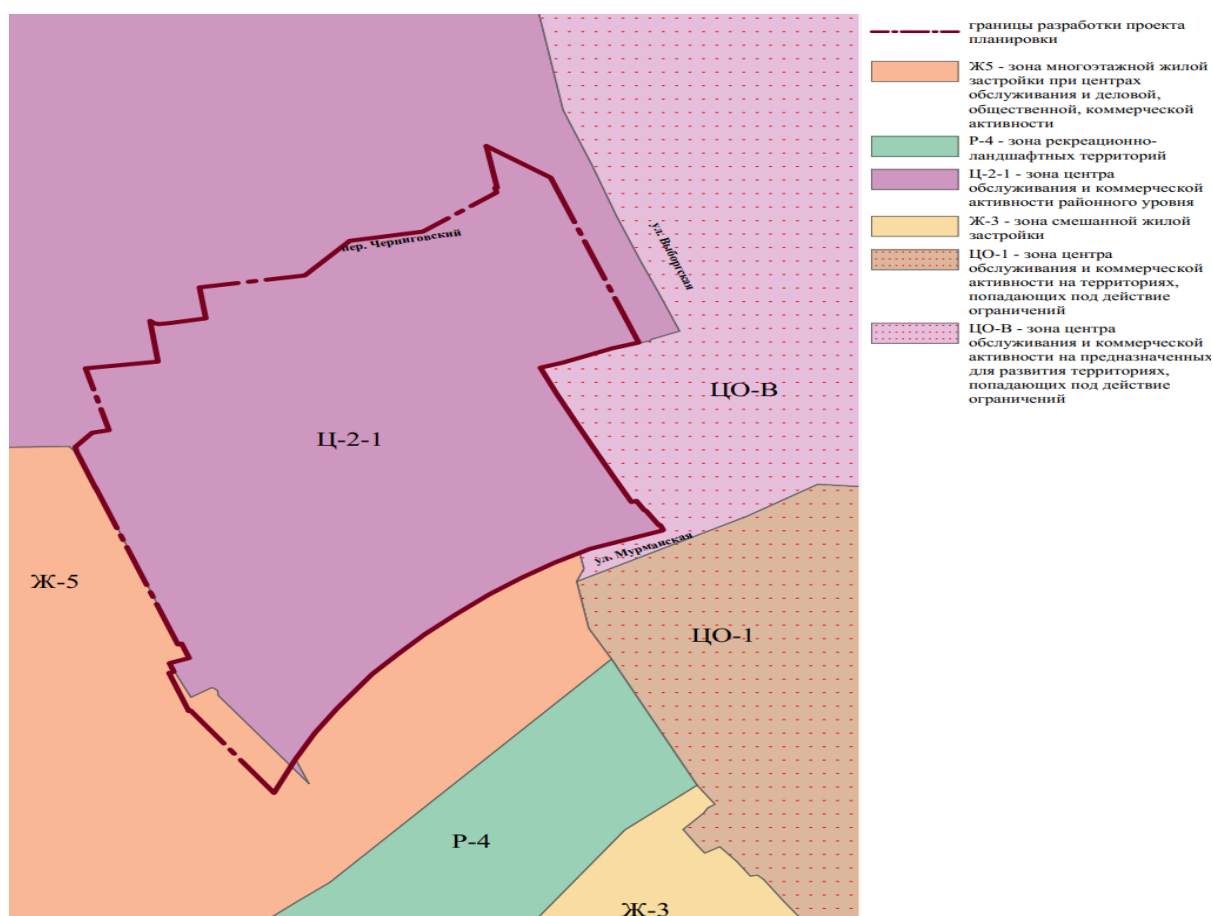


Рис. 2. Фрагмент картосхемы планировочной структуры городского округа «Город Хабаровск» (составлено авторами)

Fig. 2. Map fragment of the planning structure of urban district "Khabarovsk City" (compiled by the authors)

Этот подход обеспечивает максимальную прозрачность процедуры формирования земельных участков и минимизирует риски возникновения споров среди заинтересованных лиц. Проведенное исследование выявило ряд существенных проблем в области территориального планирования Железнодорожного района г. Хабаровска, требующих оперативного вмешательства.

Основными проблемами являются:

- сохранение культурного и исторического пласта. Район обладает значительным историко-культурным потенциалом, включая объекты федерального значения. Вместе с тем, активное новое строительство зачастую вступает в противоречие с задачами сохранения старинной застройки и модернизации инфраструктуры, что ведет к утрате архитектурного наследия и снижению его привлекательности;

- обеспечение транспортно-социальной доступности. Недостаточная обеспеченность населения объектами первой необходимости. Несмотря на жилую застройку, ощущается нехватка социальных объектов: школ, детских садов, медицинских учреждений. Транспортная система перегружена, что создает дискомфорт и ухудшает экологию;

- формирование благоприятной среды проживания. Комфортные условия для жителей предполагают не только качественное жилье, но и развитую инфраструктуру для отдыха. Дефицит зеленых зон и рекреационных пространств снижает качество жизни горожан.

Для эффективного решения обозначенных проблем предлагаются следующие меры: разработка комплексной стратегии охраны культурного наследия, привлечение специалистов к созданию реестра памятников, разработке реставрационных

проектов и их адаптации для современного использования; оптимизация размещения социальной инфраструктуры, применение принципов инклюзивного проектирования для обеспечения доступности всех сервисов для всех групп населения; развитие транспортной инфраструктуры, улучшение логистики и транспортных потоков с использованием современных технологий, расширение пешеходных зон; создание комфортной городской среды, увеличение площади парковых зон, развитие велосипедной инфраструктуры, благоустройство общественных пространств; вовлечение общественности. Организация диалога с жителями и заинтересованными сторонами для учета их мнения при принятии управленческих решений.

Заключение

В ходе исследования были подготовлены каталоги координат для поворотных точек границ земельных участков, которые формируются или подвергаются изменениям. Разрешённое использование новых земельных участков определено согласно проекту планировки территории. Выявлены градостроительные, землеустроительные и инфраструктурные условия для развития территории в Железнодорожном районе г. Хабаровска:

- предусмотрено создание социальной инфраструктуры, включая детский сад на 2,41 тыс. м²;
- разработаны параметры застройки, соответствующие установленным нормативам и требованиям законодательства;
- особое внимание уделено сохранению границ уже зарегистрированных участков и их соответствию утвержденному проекту планировки;
- транспортная и социальная инфраструктура нуждаются в оптимизации для повышения доступности объектов первой необходимости. Следует отметить, что

вовлечение общественности в процесс принятия управленческих решений для учета их мнений и повышения удовлетворенности жителей будет иметь важное значение при разработке территориального планирования городской среды.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о необходимости строгого соблюдения всех требований действующего законодательства при формировании документации по планировке территории. Ключевыми рекомендациями являются проведение подробных кадастровых работ перед началом строительных мероприятий [9-11], предоставление сформированных земельных участков исключительно под цели, предусмотренные утвержденным проектом, тщательная разработка проектной документации, соответствующая актуальным техническим нормам и правилам, организация своевременного подключения построенных объектов к сетям инженерного обеспечения, получение соответствующих разрешительных документов на ввод объектов в эксплуатацию.

Комплексное освоение территории Железнодорожного района г. Хабаровска сталкивается с рядом серьезных проблем, решение которых возможно лишь при условии учета особенностей местной специфики и согласованности действий всех участников процесса. Предлагаемые меры позволят создать комфортные условия проживания, сохранить историко-культурное наследие и обеспечить устойчивое развитие района.

Таким образом, реализация предложений по совершенствованию территориального планирования обеспечит повышение уровня комфорта и удовлетворенности жителей качеством предоставляемых услуг, улучшит инвестиционную привлекательность района и повысит общий имидж города.

Список источников

1. Липин Е. С., Вдовенко А. В. Проблемы планировки территорий размещения линейных // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса: материалы национальной научно-практической конференции. Хабаровск: ТОГУ, 2024. № 1. С. 267-269.
2. Гладкая О. Я., Гонгорова О. В., Вдовен-

References

1. Lipin ES, Vdovenko AV. Problems of territory planning for the placement of linear projects. *Far East: Problems of Development of the Architectural-Construction Complex: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference*. Khabarovsk: Pacific National University, 2024(1):267-269. (In Russ)

ко А. В. Полнота и достоверность кадастра – основа качественной системы управления земельными ресурсами // Материалы 57-й студенческой научно-технической конференции инженерно-строительного института ТОГУ (Хабаровск, 17-27 апреля 2017 г.). Хабаровск, 2017. С. 73-77. EDN: YTGEXX

3. Ерега А. Е., Липина Л. Н. Вопросы о внесении изменений в документацию по планировке территории // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2022. № 1. С. 163-167. EDN: XVBNYV

4. Решение Хабаровской городской Думы от 22.07.2025 № 354 «Об утверждении местных нормативов градостроительного проектирования городского округа “Город Хабаровск”». URL: <https://docs.cntd.ru/document/407893854> (дата обращения: 22.02.2026).

5. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (последняя редакция). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (дата обращения: 22.02.2026).

6. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (последняя редакция). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 22.02.2026).

7. Постановление Правительства Хабаровского края от 27.05.2013 № 136-пр «Об утверждении нормативов градостроительного проектирования Хабаровского края» (с изменениями и дополнениями). URL: <https://base.garant.ru/25506197> (дата обращения: 22.02.2026).

8. Федеральный закон от 25.10.2001 № 137-ФЗ «О введении в действие Земельного кодекса Российской Федерации» (последняя редакция). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33764/ (дата обращения: 22.02.2026).

9. Мирзоева А. Э., Овчинникова А. С. Особенности геодезического обеспечения кадастровой деятельности в Российской Федерации // Геодезия и картография. 2017. Т. 78. № 6. С. 49-54. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-924-6-49-54. EDN: ZAHERV

10. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений: дата введения 01.07.2017. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054209> (дата обращения: 22.02.2026).

11. Федеральный закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» (последняя редакция). URL: <https://docs.cntd.ru/document/420287404> (дата обращения: 22.02.2026).

2. Gladkaya OYa, Gongorova OV, Vdovenko AV. Completeness and reliability of the cadastre as the basis for a high-quality land resources management system. *Proceedings of the 57th Student Scientific and Technical Conference of the Pacific National University Civil Engineering Institute (Khabarovsk, April 17-27, 2017)*. Khabarovsk, 2017:73-77. (In Russ). EDN: YTGEXX

3. Erega AE, Lipina LN. Questions about amending the documentation on the planning of the territory. *Far East: Problems of Architectural and Construction Complex Development. Dalniy Vostok: Problemy Razvitiya Arkhitekturno Stroitel'nogo Kompleksa*. 2022(1):163-167. (In Russ). EDN: XVBNYV

4. Resolution of the Khabarovsk City Duma dated July 22, 2025 No. 354 “On Approval of Local Urban Development Standards for the Urban District “Khabarovsk City”. URL: <https://docs.cntd.ru/document/407893854> (accessed 22.02.2026). (In Russ)

5. Land Code of the Russian Federation dated October 25, 2001 No. 136-FZ (latest revision). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (accessed 22.02.2026). (In Russ)

6. Urban Development Code of the Russian Federation dated December 29, 2004, No. 190-FZ (latest revision). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (accessed 22.02.2026). (In Russ)

7. Resolution of the Government of Khabarovsk Territory dated May 27, 2013, No. 136-pr “On Approval of Urban Development Standards for Khabarovsk Territory” (as amended). URL: <https://base.garant.ru/25506197> (accessed 22.02.2026). (In Russ)

8. Federal Law dated 25.10.2001 No. 137-FZ “On the Implementation of the Land Code of the Russian Federation” (latest version). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33764/ (accessed 22.02.2026). (In Russ)

9. Mirzoeva AE, Ovchinnikova AS. The features of geodetic maintenance of cadastral activities in the Russian Federation. *Geodezia i Kartografiya*. 2017;78(6):49-54. (In Russ). DOI: 10.22389/0016-7126-2017-924-6-49-54. EDN: ZAHERV

10. Set of regulations 42.13330.2016. Urban development. Planning and development of urban and rural settlements: introduction date 01.07.2017. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054209> (accessed 22.02.2026). (In Russ)

11. Federal Law No. 218-FZ dated July 13, 2015 “On State Registration of Real Estate” (latest revision). URL: <https://docs.cntd.ru/document/420287404> (accessed 22.02.2026). (In Russ)

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>

Критерии авторства

Липина Л. Н. – разработка концепции, написание и редактирование текста); Кононов Ю. В. – сбор и анализ данных, выполнение расчетов, подготовка графических материалов, редактирование текста.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 03.03.2026
Одобрена после рецензирования 21.04.2026
Принята к публикации 27.04.2026

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**Affiliations**

Lyubov N. Lipina, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Higher School of Transport Construction, Geodesy and Land Management, Pacific National University, 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 National University, Khabarovsk, Russia, 006863@togudv.ru, <https://orcid.org/0009-0000-4960-4647>

Contribution of the authors

Lipina L.N. – concept development, writing and editing the text; Kononov Yu.V. – data collection and analysis, calculations, preparation of graphic materials, text editing.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 03.03.2026
Approved after reviewing 21.04.2026
Accepted for publication 27.04.2026

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 911.3: 614.1
DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-73-87
EDN: YKMDLZ

Региональный анализ первичной инвалидизации детского населения Республики Беларусь

©2026 Михайлов С. С. ✉

Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь, mikhailavss@mail.ru ✉

РЕЗЮМЕ. Цель. Анализ пространственно-временной динамики структуры первичной инвалидности детского населения в разрезе регионов Республики Беларусь за период с 2014 по 2023 г. **Методы.** Исследование основано на анализе данных ежегодно публикуемых статистических изданий Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, Национального статистического комитета Республики Беларусь. При обработке исходных данных использовались программное обеспечение Microsoft Excel и ArcGIS 10.8. **Результаты.** Выявлены основные структурные сдвиги в динамике формирования показателей первичной инвалидности детского населения Республики Беларусь как в целом по стране, так и в разрезе регионов. Определены основополагающие факторы, влияющие на рост доли детского населения Республики Беларусь, имеющего инвалидность. **Выводы.** Исследование, посвящённое региональному анализу первичной инвалидизации детского населения Республики Беларусь, выявило определённое увеличение значений и показателей структуры первичной инвалидизации населения страны в возрасте до 18 лет.

Ключевые слова: медицинская география, здравоохранение, социальная политика, детское население, первичная инвалидизация.

Формат цитирования: Михайлов С. С. Региональный анализ первичной инвалидизации детского населения Республики Беларусь // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2026. Т. 20. № 1. С. 73-87. DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-73-87. EDN: YKMDLZ

Regional Analysis of Child Population's Primary Disability in the Republic of Belarus

©2026 Sergey S. Mikhailov ✉

Belarusian State University
Minsk, Belarus, mikhailavss@mail.ru ✉

ABSTRACT. Aim. Analysis of the spatiotemporal dynamics and structure of primary disability among children in the regions of the Republic of Belarus (2014-2023). **Methods.** The research is based on an analysis of data from annually published statistical publications of the Ministry of Health of the Republic of Belarus, the Ministry of Labor and Social Protection of the Republic of Belarus and the National Statistical Committee of the Republic of Belarus. Microsoft Excel and ArcGIS 10.8 software were used to process the source data. **Results.** The main structural shifts in the dynamics of primary disability indicators among children in the Republic of Belarus have been identified, both nationally and regionally. The underlying factors influencing the increase in the proportion of children with disabilities in the Republic of Belarus have been identified. **Conclusions.** The research examining regional primary disability rates among children in the Republic of Belarus revealed a significant increase in the rates and indicators of primary disability rates among the country's population under 18 years of age.

Keywords: medical geography, healthcare, social policy, child population, primary disability.

For citation: Mikhailov SS. Regional Analysis of Child Population's Primary Disability in the Republic of Belarus. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2026;20(1):73-87 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-73-87. EDN: YKMDLZ

Введение

Проблема инвалидизации детского населения имеет важное экономическое, социальное и нравственное значение для общества. Большую роль в решении данной проблемы играет социальная политика Республики Беларусь, которая направлена на обеспечение равенства и улучшение качества жизни людей с повышенными социальными потребностями, а также на формирование условий для полной и равноправной интеграции данной категории граждан в общество. Согласно данным Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, в 2023 г. на учёте в учреждениях, занимающихся вопросами труда, занятости и социальной защиты состояло 544 897 чел., относящихся к инвалидам, включая 506 148 чел. в возрасте 18 лет и старше и 38 749 чел. в возрасте до 18 лет [1].

В рамках исполнения «Национального плана действий по реализации в Республике Беларусь положений Конвенции о правах инвалидов на 2026-2030 годы» [2], большое значение уделяется разработке государственных программ «Социальная защита», которые предусматривают совершенствование системы здравоохранения с целью повышения качества оказания медицинских услуг населению [3]. Особое внимание уделяется улучшению медицинского обслуживания населения в рамках профилактики инвалидности. Система профилактики инвалидности включает в себя социальные, медицинские, педагогические и профессиональные меры, которые принимаются для того, чтобы сократить количество людей с инвалидностью и облегчить её последствия [3].

Таким образом, цель исследования состояла в проведении пространственно-временного анализа динамики и структуры первичной детской инвалидности в разрезе регионов Республики Беларусь с применением геоинформационных систем, а также определение факторов, влияющих на развитие первичной детской инвалидности.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования выступило детское население Республики

Беларусь, а предметом – региональные сдвиги структуры первичной детской инвалидности за 2014-2023 гг. и вызывающие их факторы. Выбор временного диапазона с 2014 по 2023 г. обусловлен прежде всего актуальностью данных на текущий момент. Данный десятилетний период позволяет зафиксировать современные эпидемиологические тренды и причины смещения структуры заболеваний, вызывающих первичную инвалидность детского населения. Кроме того, данный десятилетний период неразрывно связан с развитием глобальной пандемии «COVID-19», которая оказала беспрецедентное воздействие на системы здравоохранения и здоровье населения планеты.

Информационную базу данных составили сведения, опубликованные в официальных статистических изданиях Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь [4-13] и ГУ «Республиканский научно-практический центр медицинских технологий, информатизации, управления и экономики здравоохранения» [14-24]. Для расчёта отдельных показателей использовались официальные данные ГП «Информационно-вычислительный центр Белстата», содержащие сведения о численности и возрастном составе населения [25].

Результаты и их обсуждение

На основании полученных данных Министерства здравоохранения Республики Беларусь выявлено, что за период с 2014 по 2023 г. инвалидность была установлена 40 719 детям в возрасте до 18 лет, в среднем ежегодно инвалидами становились 4 072 ребенка [14-23]. В течение указанного десятилетнего периода количество детей, впервые признанных инвалидами, ежегодно менялось. Наименьший показатель был зафиксирован в 2014 г. (3 323 чел.), а наибольший – в 2023 г. (4 695 чел.) [14-23]. При этом абсолютное значение увеличилось на 1 372 ребёнка, или на 29,2 % за рассматриваемый период [14-23] (табл. 1).

Ежегодно на 10 тыс. детей приходилось в среднем 22,2 случая первичной инвалидности. Данный показатель колебался от минимального значения в 2014 г. (18,8

случая) до максимального значения в 2023 г. (25,9 случая) [14-23]. Анализируемый период характеризовался ежегодным увеличением количества детей, впервые получивших статус инвалида, и ростом показателя первичной инвалидности (табл. 1).

При анализе крайних значений (2014 и 2023 гг.) в Республике Беларусь наблюдается увеличение доли детского населения, имеющего инвалидность, по следующим классам заболеваний: психические расстройства и расстройства поведения +1066 случаев (в 2014 г. – 469 чел., в 2023 г. – 1535), болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани +232 случая (в 2014 г. – 213, в 2023 г. – 445 чел.), эндокринной системы, расстройств питания, нарушений обмена веществ +188 случаев (в 2014 г. – 337 чел., в 2023 г. – 525), болезни органов пищеварения +63 случая (в 2014 г. – 49 чел., в 2023 г. – 112), болезни системы кровообращения +39 случаев (в 2014 г. – 27, в 2023 г. – 66 чел.), прочие болезни (в 2014 г. – 28, в 2023 г. – 57 чел.), болезни мочеполовой системы +19 случаев (в 2014 г. – 21, в 2023 г. – 40 чел.), болезни органов дыхания +15 случаев (в 2014 г.

– 10, в 2023 г. – 25 чел.). Количество детей, получивших инвалидность в связи с новообразованиями, практически не изменилось (в 2014 г. – 288, в 2023 г. – 296 чел.) (рис. 1).

В свою очередь, при анализе крайних значений (2014 и 2023 гг.) по шести классам болезней наблюдается уменьшение доли детского населения с инвалидностью по следующим заболеваниям: болезни крови, кроветворных органов и отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм – 4 случая (в 2014 г. – 75, в 2023 г. – 71 чел.), болезни нервной системы – 38 случаев (в 2014 г. – 580, в 2023 г. – 542 чел.), болезни глаза и его придаточного аппарата – 22 случая (в 2014 г. – 107, в 2023 г. – 85 чел.), болезни уха и сосцевидного отростка – 19 случаев (в 2014 г. – 145, в 2023 г. – 126 чел.), травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин – 30 случаев (в 2014 г. – 81, в 2023 г. – 51 чел.) врождённых аномалий, деформаций и хромосомных нарушений – 174 случая (в 2014 г. – 893, в 2023 г. – 719 чел.) (рис. 1).

Таблица 1. Основные показатели первичной детской инвалидности населения Республики Беларусь (составлено по данным статистических изданий [4-23])

Table 1. Main indicators of primary childhood disability in the Republic of Belarus (compiled based on data from statistical publications [4-23])

Год освидетельствования Year of examination	Абсолютное значение, чел. Absolute value, people	Темп прироста, % Growth rate, %	Интенсивные показатели* на 10 тыс. человек Intensive indicators* per 10,000 people
2014	3323	–	18,8
2015	3664	10,3	20,3
2016	3821	4,3	20,8
2017	3871	1,3	20,8
2018	4033	4,2	21,6
2019	4041	0,2	21,6
2020	4142	2,5	22,2
2021	4503	8,7	24,3
2022	4626	2,7	25,2
2023	4695	1,5	25,9
В среднем за год	4072	4	22,2

* **Интенсивные показатели** – показатели частоты, уровня, распространённости процессов, явлений, совершающихся в определённой среде.

* *Intensive indicators* are indicators of the frequency, level, prevalence of processes and phenomena occurring in a certain environment.

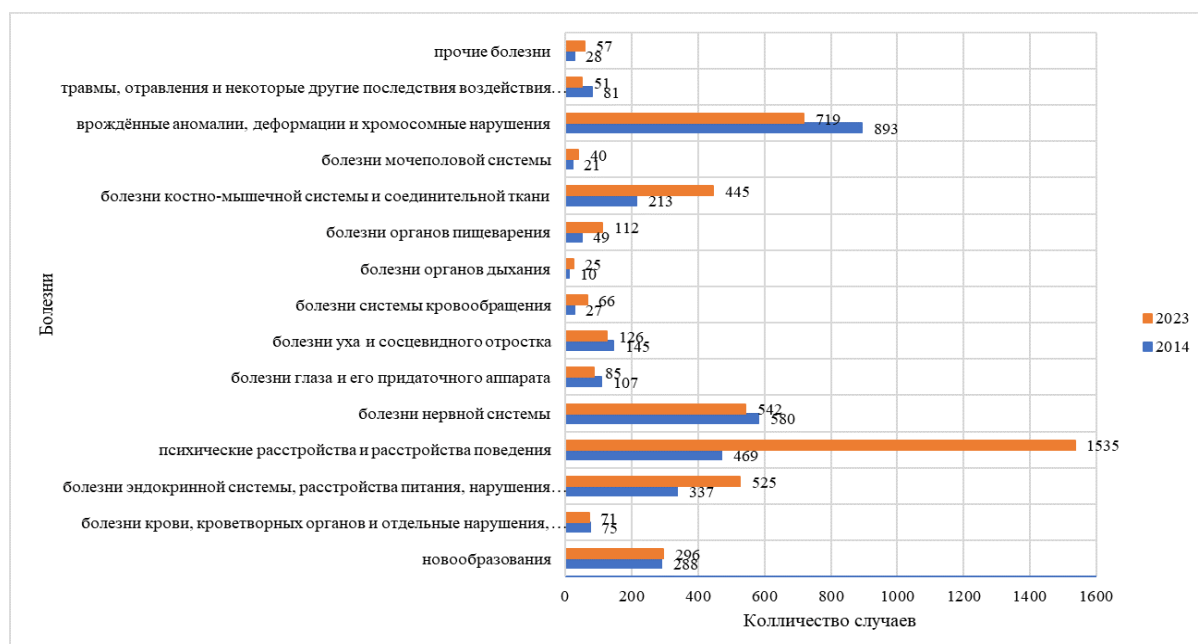


Рис. 1. Динамика классов заболеваний и структуры населения в возрасте до 18 лет по Республике Беларусь в 2014 и 2023 гг.

(составлено по данным статистических изданий [14; 23])

Рис. 1. Dynamics of disease classes and population structure under 18 years of age in the Republic of Belarus in 2014 and 2023

(compiled based on data from statistical publications [14; 23])

Таблица 2. Динамика классов заболеваний и структуры населения в возрасте до 18 лет по Республике Беларусь (количество случаев)

(составлено по данным статистических изданий [14-23])

Table 2. Dynamics of disease classes and population structure under 18 years of age in the Republic of Belarus (number of cases)

(compiled based on data from statistical publications [14-23])

Основные классы болезней / отдельные болезни Main classes of diseases / individual diseases	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Новообразования	288	360	325	329	367	315	363	344	301	296
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм	75	58	72	79	77	73	78	64	69	71
Болезни эндокринной системы, расстройства питания, нарушения обмена веществ	337	418	436	433	480	458	501	572	581	525
Психические расстройства и расстройства поведения	469	558	635	648	739	783	869	1211	1325	1535
Болезни нервной системы	580	654	642	615	654	634	653	661	591	542
Болезни глаза и его придаточного аппарата	107	96	79	78	103	126	82	114	106	85
Болезни уха и сосцевидного отростка	145	126	131	191	137	123	144	103	106	126
Болезни системы кровообращения	27	31	41	57	48	43	75	60	51	66
Болезни органов дыхания	10	27	15	29	22	24	17	9	24	25
Болезни органов пищеварения	49	40	73	82	76	92	75	93	117	112
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	213	244	268	273	272	311	355	354	413	445
Болезни мочеполовой системы	21	43	47	41	36	46	46	31	55	40
Врождённые аномалии, деформации и хромосомные нарушения	893	915	967	922	930	923	793	800	784	719
Травмы	81	60	61	64	50	55	63	48	54	51
Прочие болезни	28	34	29	30	42	35	28	39	49	57

Таблица 3. Показатели линейного регрессионного анализа по классам заболеваний населения в возрасте до 18 лет по Республике Беларусь (составлено по данным статистических изданий [14-23])
Table 3. Linear regression analysis indicators for disease classes in the population under 18 years of age in the Republic of Belarus (compiled based on data from statistical publications [14-23])

	Коэффициент наклона (B) Slope coefficient	Коэффициент детерминации (R ²) Coefficient of determination	p-value	t-статистика t-statistic	Категория заболевания Disease category
Болезни эндокринной системы, расстройства питания, нарушения обмена веществ	22,39	0,83	0,00	19,93	Прогрессирующие заболевания
Психические расстройства и расстройства поведения	112,40	0,90	0,00	27,58	
Болезни системы кровообращения	3,85	0,59	0,00	10,83	
Болезни органов пищеварения	7,28	0,82	0,00	18,87	
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	24,16	0,95	0,00	37,35	
Болезни мочеполовой системы	1,21	0,15	0,01	3,75	
Прочие болезни	2,44	0,57	0,00	10,33	
Болезни нервной системы	3,60	0,08	0,03	-2,55	Регрессирующие заболевания
Болезни уха и сосцевидного отростка	3,67	0,20	0,00	-4,52	
Врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения	22,50	0,68	0,00	-12,91	
Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин	2,27	0,51	0,00	-9,12	
Новообразования	-1,19	0,02	0,73	-0,35	Стационарные заболевания
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм	-0,04	0,00	0,88	-0,15	
Болезни глаза и его придаточного аппарата	0,50	0,01	0,43	0,83	
Болезни органов дыхания	0,30	0,02	0,27	1,18	

Практически по всем классам болезней на протяжении исследуемого периода (с 2014 по 2023 г.) можно наблюдать колебание значений, с периодическими изменениями роста и снижения (табл. 2). Поэтому при анализе динамики инвалидности был проведен линейно-регрессионный анализ по основным классам болезней (табл. 3).

На основании проведенного линейного регрессионного анализа, классы заболеваний, вызывающие первичную инвалидность детского населения Республики Беларусь, были разделены на три категории: прогрессирующие заболевания, регрессирующие заболевания и стационарные заболевания.

Для прогрессирующих заболеваний характерна устойчивая статистическая взаимосвязь с увеличением численности людей с инвалидностью. Для этих классов

заболеваний, величина коэффициента детерминации R превышает 50 % (при $p < 0.05$), исключение составляет болезни мочеполовой системы, имеющие значение R равное 15 %. Полученные коэффициенты свидетельствуют о статистически значимом росте числа людей с инвалидностью, имеющих данные классы заболеваний, и подтверждают существенное влияние временного фактора на динамику этого процесса (табл. 3).

Для регрессирующих заболеваний характерна статистически значимая тенденция к снижению численности людей с инвалидностью. По этим классам заболеваний, величина коэффициента детерминации R превышает 50 % (при $p < 0.05$), исключение составляет болезни нервной системы, а также болезни уха и сосцевидного отростка, имеющие значение R меньше 20 %. Анализ коэффициентов выявил ста-

статистически значимый тренд к снижению числа людей с инвалидностью по данным заболеваниям, при этом влияние временного фактора на динамику процесса оценивается как умеренное (табл. 3).

К стационарным заболеваниям отнесены классы болезней, для которых характерно отсутствие статистически значимых тенденций к росту или спаду. Кроме этого, отсутствует влияние временного фактора на динамику данного процесса. Для данных классов заболеваний величина коэффициента детерминации R меньше 5 % (при $p > 0,05$) (табл. 3).

В структуре заболеваний, обуславливающих впервые признанную инвалидность у детей в период с 2014 по 2023 г. лидирующую позицию, занимали психические расстройства и расстройства поведения 21,6 % (8772 чел.). Далее следовали врождённые аномалии – 21,1 % (8646 чел.) и болезни нервной системы – 15,4 % (226 чел.). Существенный вклад в структуру детской инвалидности внесли: болезни эндокринной системы, расстройства питания, нарушения обмена веществ – 11,7 % (4741 чел.), новообразования – 8,1 % (3 288 чел.) и болезни костно-мышечной системы и соединительной

ткани – 7,7 % (3148 чел.). Вклад в структуру детской инвалидности вносили следующие болезни: уха – 3,3 % (1332 чел.), глаза и его придаточного аппарата – 2,4 % (976 чел.), органов пищеварения – 2 % (809 чел.), крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм – 1,8 % (716 чел.), а также болезни системы кровообращения – 1,2 % (499 чел.), мочеполовой системы – 1 % (406 чел.) и травмы – 1,5 % (587 чел.), прочие болезни – 0,8 % (371 чел.) и болезни органов дыхания – 0,5 % (202 чел.) (рис. 2).

По результатам анализа, при расчёте числа случаев признания детей впервые инвалидами, выявлен значительный рост по ряду заболеваний. Особенно заметно увеличилось количество детей с психическими расстройствами и болезнями костно-мышечной системы: за период с 2014 по 2023 г. этот показатель вырос более чем в 3 раза. Также за тот же период число детей с заболеваниями эндокринной системы, расстройствами питания и нарушениями обмена веществ увеличилось более чем в 1,5 раза (рис. 3).



Рис. 2. Структура первичной инвалидности среди детского населения Республики Беларусь по основным группам заболеваний и конкретным нозологиям за период с 2014 по 2023 г.

(составлено по данным статистических изданий [14-23])

Fig. 2. The structure of primary disability among the child population of the Republic of Belarus by main groups of diseases and specific nosologies for the period from 2014 to 2023.

(compiled based on data from statistical publications [14-23])

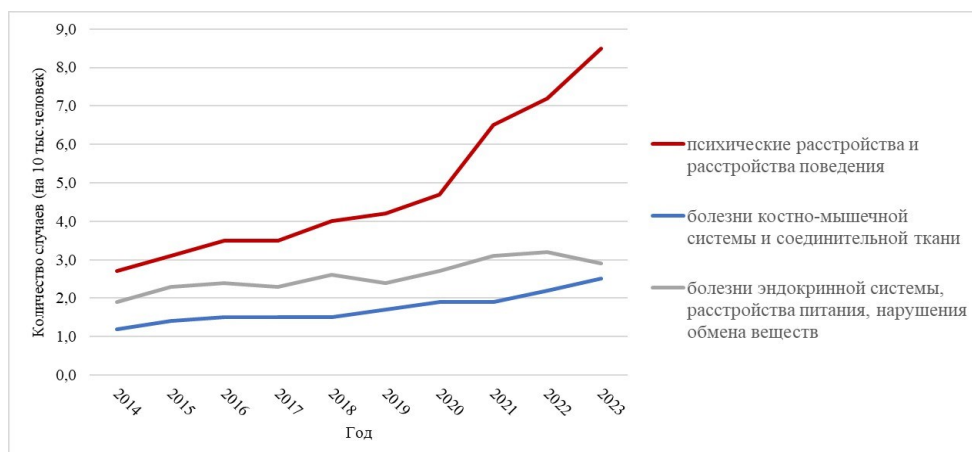


Рис. 3. Структура первичной детской инвалидности по классам болезней (количество случаев на 10 тыс. чел.)

(составлено по данным статистических изданий [4-23])

Fig. 3. Structure of primary childhood disability by disease classes (number of cases per 10 000 people) (compiled based on data from statistical publications [4-23])

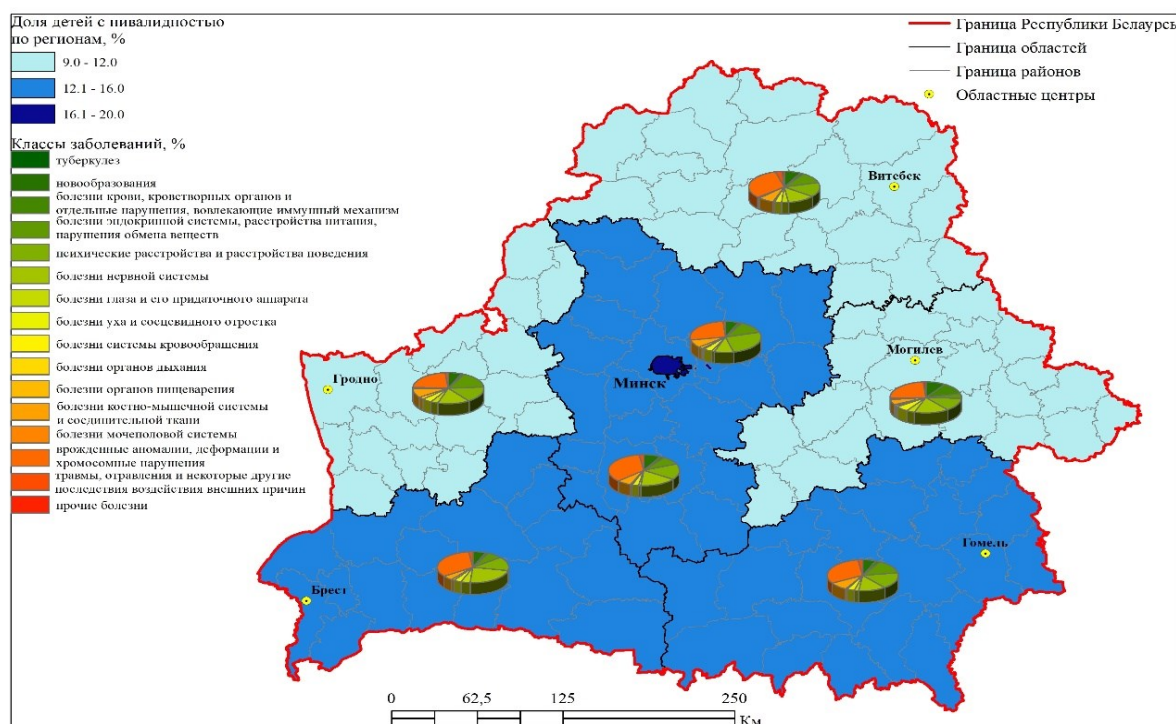


Рис. 4. Картодиаграмма структуры заболеваний лиц, не достигших 18-летнего возраста, впервые получивших инвалидность по регионам Республики Беларусь в 2014 г.

(составлено по данным статистических изданий [4; 14])

Fig. 4. Map diagram of the structure of diseases in persons under 18 years of age, who first became disabled by region of the Republic of Belarus in 2014 (compiled based on data from statistical publications [4; 14])

В ходе регионального анализа структуры первичной инвалидности среди детского населения было выявлено, что в 2014 г. доминирующими заболеваниями у людей в возрасте до 18 лет, которым была установлена инвалидность, являлись:

врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения (Брестская область – 28,9 %, Витебская – 28,2, Гомельская – 27,6, Гродненская – 21,9, г. Минск – 25,9, Минская область – 30,8, Могилёвская – 23,7), болезни нервной системы

(Брестская область – 24,0 %, Витебская – 14,2, Гомельская – 15,8, Гродненская – 18,8, г. Минск – 11,9, Минская область – 19,2, Могилёвская – 20,3), психические расстройства и расстройства поведения (Брестская область – 10,5 %, Витебская – 11,1, Гомельская – 13,3, Гродненская – 13,3, г. Минск – 22,9, Минская область – 12,1, Могилёвская – 11,2) и болезни эндокринной системы, расстройства питания, нарушения обмена веществ (Брестская область – 7,0 %, Витебская – 9,7, Гомельская – 12,0, Гродненская – 14,0, г. Минск – 11,0, Минская область – 7,5, Могилёвская – 3,4). Дополнительно необходимо отметить, что новообразования имеют большую долю детей в г. Минске (9,9 %) и Могилёвской области (11,5 %) (рис. 4).

В 2023 г. структура заболеваний людей в возрасте до 18 лет, которым был поставлен диагноз инвалидность, изменилась. В 2019 г. доминирующими заболеваниями в этой группе населения являлись: психические расстройства и расстройства поведения (Брестская область – 35,4 %, Витеб-

ская – 32,4, Гомельская – 27,7, Гродненская – 30,1, г. Минск – 31,8, Минская область – 36,8, Могилёвская – 32,6), врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения (Брестская область – 14,5 %, Витебская – 17,0, Гомельская – 20,8, Гродненская – 19,6, г. Минск – 11,5, Минская область – 14,0, Могилёвская – 12,7), болезни нервной системы (Брестская область – 12,1 %, Витебская – 11,7, Гомельская – 10,2, Гродненская – 13,0, г. Минск – 10,2, Минская область – 10,6, Могилёвская – 15,6) и болезни эндокринной системы, расстройства питания, нарушения обмена веществ (Брестская область – 10,7 %, Витебская – 12,1, Гомельская – 11,9, Гродненская – 10,3, г. Минск – 14,4, Минская область – 7,5, Могилёвская – 12,0). Отдельно необходимо отметить, что болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани имеют большую долю у детей в г. Минске (10,7 %) и Минской области (14,1 %) (рис. 5).

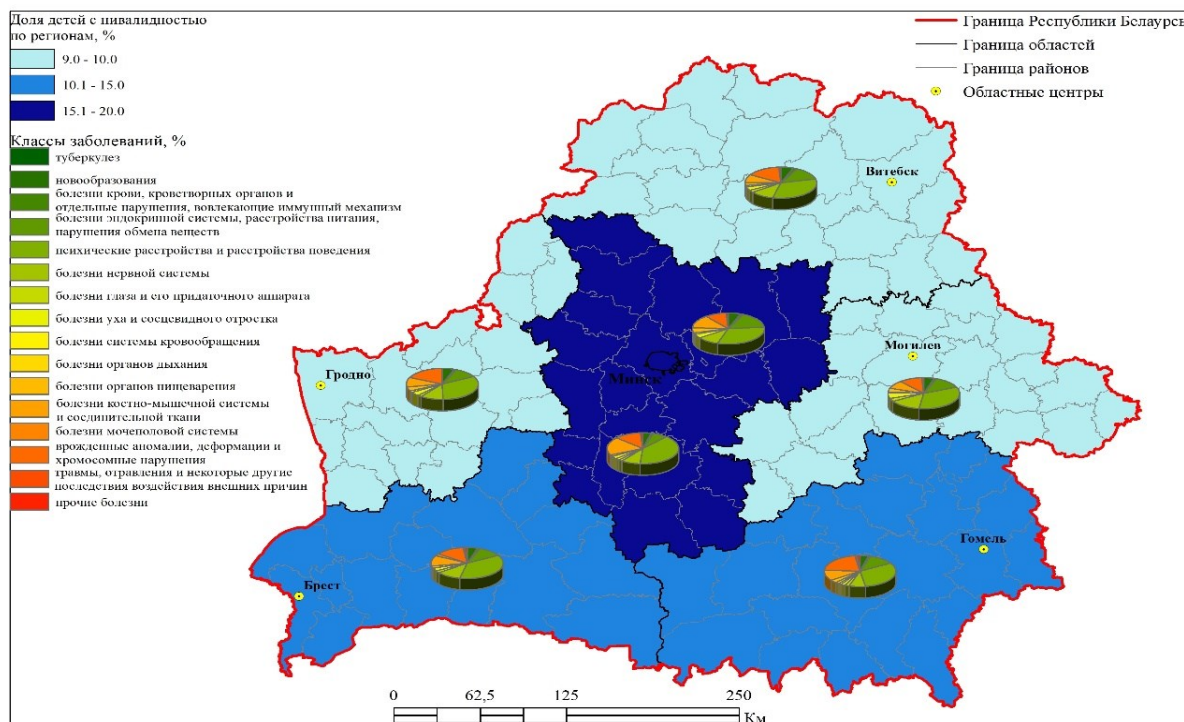


Рис. 5. Картодиаграмма структуры заболеваний лиц, не достигших 18-летнего возраста, впервые получивших инвалидность по регионам Республики Беларусь в 2023 г.
(составлено по данным статистических изданий [13; 23])

Fig. 5. Map diagram of the structure of diseases in persons under 18 years of age, who first became disabled by region of the Republic of Belarus in 2023
(compiled based on data from statistical publications [13; 23])

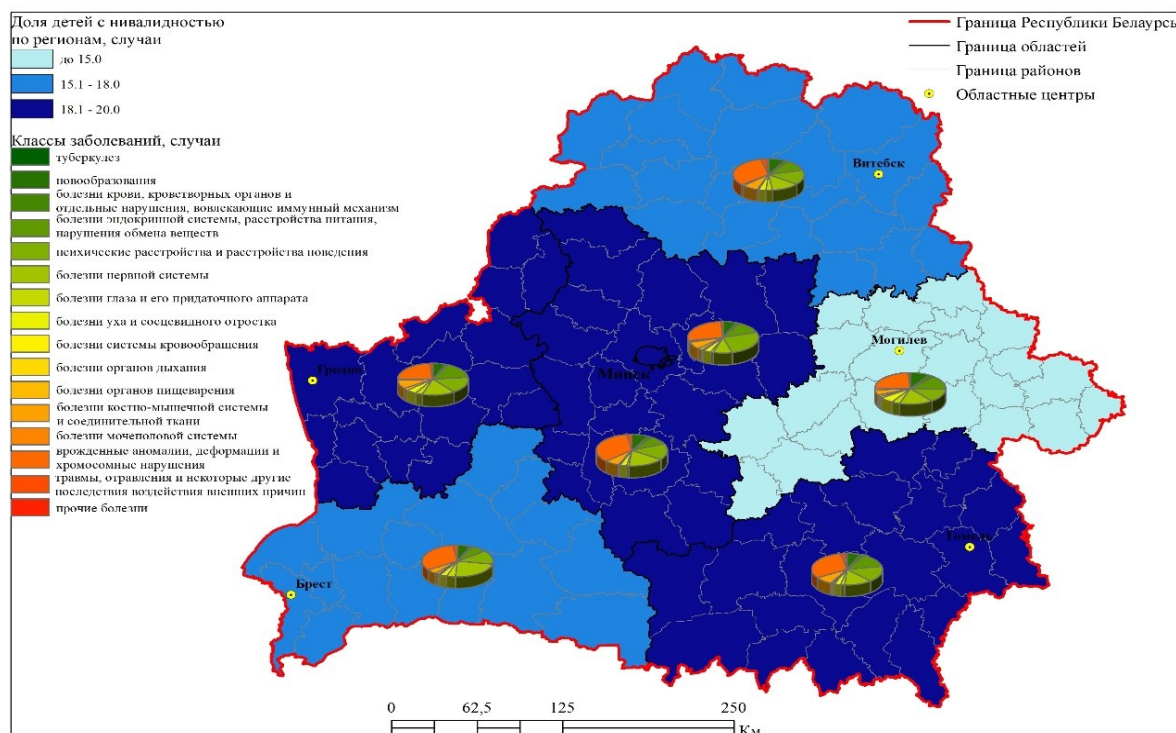


Рис. 6. Картодиаграмма удельного веса заболеваний лиц, не достигших 18-летнего возраста, впервые получивших инвалидность по регионам Республики Беларусь в 2014 г.

(составлено по данным статистических изданий [4; 14])

Fig. 6. Map diagram of the proportion of diseases in persons under the age of who became disabled for the first time by region of the Republic of Belarus in 2014 (compiled based on data from statistical publications [4; 14])

При анализе структуры заболеваний людей возрасте до 18 лет, впервые признанных инвалидами (на 10 тыс. чел. детского населения), по регионам Республики Беларусь установлено, что в 2014 г. доминирующими заболеваниями у людей в возрасте до 18 лет, которым был поставлен диагноз инвалидность, являлись: врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения (Брестская область – 5,3 случая, Витебская – 28,2, Гомельская – 27,6, Гродненская – 21,9, г. Минск – 25,9, Минская область – 30,8, Могилевская – 23,7), болезни нервной системы (Брестская область – 4,4 случая, Витебская – 2,7, Гомельская – 3,1, Гродненская – 3,7, г. Минск – 2,3, Минская область – 3,8, Могилевская – 3,0), психические расстройства и расстройства поведения (Брестская область – 1,9 случая, Витебская – 2,1, Гомельская – 2,6, Гродненская – 2,6, г. Минск – 4,4, Минская область – 2,4, Могилевская – 1,7) и болезни эндокринной системы, расстройства питания, наруше-

ния обмена веществ (Брестская область – 10,7 случая, Витебская – 12,1, Гомельская – 11,9, Гродненская – 10,3, г. Минск – 14,4, Минская область – 7,5, Могилевская – 12,0). Отдельно необходимо отметить, что новообразования имеют большую долю в Минской (1,9 случая) и Могилевской (1,7 случая) областях (рис. 6).

При анализе структуры заболеваний среди детей до 18 лет, впервые признанных инвалидами (на 10 тыс. чел. детского населения), по регионам Республики Беларусь установлено, что в 2023 г. доминирующими заболеваниями при установлении инвалидности являлись: психические расстройства и расстройства поведения (Брестская область – 10,8 случая, Витебская – 10,7, Гомельская область – 9,4, Гродненская – 9,2, г. Минск – 9,4, Минская область – 16,2, Могилевская – 10,7), врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения (Брестская область – 3,5 случая, Витебская – 3,6, Гомельская – 4,9, Гродненская – 3,8, г. Минск – 4,0, Мин-

ская – 4,8, Могилёвская – 2,8 случая), болезни эндокринной системы, расстройства питания, нарушения обмена веществ (Брестская область – 2,4 случая, Витебская – 2,7, Гомельская – 3,0, Гродненская – 2,9, г. Минск – 3,5, Минская область – 2,9, Могилёвская – 3,0) и болезни нервной системы (Брестская – 2,7 случая, Витебская – 2,7, Гомельская – 2,8, Гродненская – 2,7, г. Минск – 2,8, Минская – 4,3, Могилёвская – 3,2) (рис. 7).

Стоит отметить, что с возрастом у детей наблюдается закономерная смена основных заболеваний: если в младшем возрасте преобладают врождённые аномалии развития, то среди подростков на первый план выходят психические расстройства и нарушения поведения [26].

Согласно информации от Европейской академии по изучению проблем детской инвалидности, примерно 75 % тяжёлых врождённых пороков и около 33 % других аномалий развития становятся причиной инвалидности [27]. Главными причинами указанных нарушений выступают пораже-

ния центральной нервной системы, возникающие во время внутриутробного развития. Эти поражения становятся причиной развития детского церебрального паралича (35 %), эпилепсии (20,1 %) и наследственных дегенеративных заболеваний [28]. Одним из ключевых факторов, способствующих распространению перинатальных поражений центральной нервной системы, является недоношенность [28].

В последние десятилетия благодаря прогрессу в области перинатологии и увеличению показателей выживаемости новорождённых отмечается рост числа детей с инвалидизирующими расстройствами. Так, в частности, чем меньше масса тела новорождённого, тем выше риск развития у него инвалидности. Например, среди детей с массой тела при рождении 1000 г и менее тяжёлые нарушения, ведущие к инвалидности, встречаются в 28 % случаев, а менее выраженные проблемы – в 44 % [29]. К патологиям перинатального периода, которые могут привести к инвалидности, относятся тугоухость и ретинопатия недоношенных [30; 31].

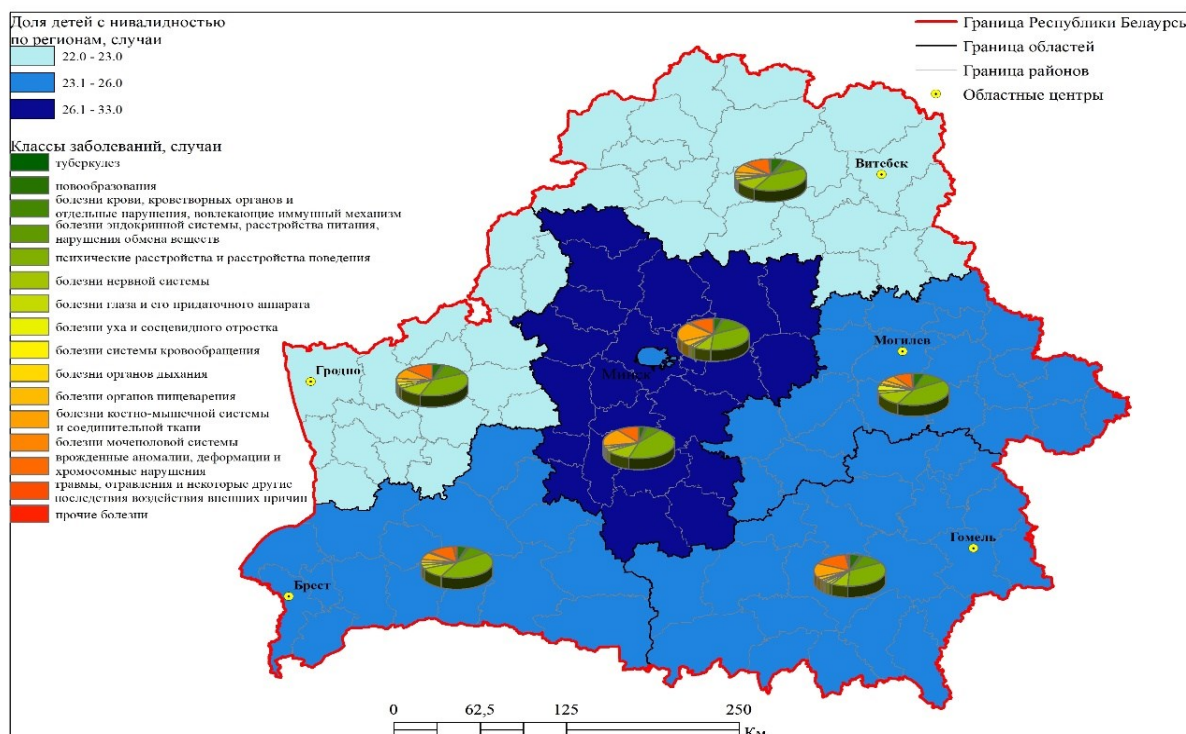


Рис. 7. Картодиаграмма удельного веса заболеваний лиц, не достигших 18-летнего возраста, впервые получивших инвалидность по регионам Республики Беларусь в 2023 г.

(составлено по данным статистических изданий [13; 23])

Fig. 7. Map diagram of the proportion of diseases in persons under the age of who became disabled for the first time by region of the Republic of Belarus in 2023
(compiled based on data from statistical publications [13; 23])

Дополнительным фактором, способствующим увеличению показателей первичной детской инвалидности, является применение вспомогательных репродуктивных технологий при лечении женского бесплодия. Согласно результатам научных исследований, у детей, рождённых с использованием метода экстракорпорального оплодотворения, отмечается более высокая частота регистрации грубых врождённых пороков развития по сравнению с общей популяцией [32; 33].

Развитие первичной детской инвалидности часто обусловлено наследованием заболеваний, приводящих к инвалидности, от родителей. Так, возраст матери является одним из ключевых факторов, влияющих на риск развития первичной инвалидности у ребёнка, поскольку многие инвалидизирующие заболевания передаются по наследству. К группе повышенного риска относятся как несовершеннолетние, так и женщины старше 35 лет. Согласно статистике, психические расстройства диагностируются у каждого второго ребёнка-инвалида, рождённого возрастной матерью, и у каждого третьего – от юной [34]. При этом умственная отсталость у детей возрастных матерей встречается в 2-3 раза чаще, чем в других возрастных группах [34].

Значительное влияние на формирование детской инвалидности оказывают социально-гигиенические факторы и экологическая обстановка. В частности, пагубные привычки родителей напрямую коррелируют с рисками для здоровья детей. В семьях, где родители злоупотребляют алкоголем, вероятность рождения ребёнка-инвалида с психическим заболеванием вдвое выше, чем в семьях, курящих матерей [35]. Врождённые аномалии и пороки развития у детей курящих женщин встречаются в три раза чаще. Наиболее высокий риск инвалидизации по причине психических расстройств и заболеваний нервной системы наблюдается у детей, рождённых в семьях наркозависимых родителей [35].

Среди экологических факторов в Республике Беларусь большое влияние оказывает природный дефицит йода, который охватывает почти всю территорию страны. Прекращение программ йодной профилактики привело к росту напря-

жённости зобной эндемии. Это оказывает негативное воздействие на детское здоровье, в частности вызывая задержки умственного, физического и полового развития. Стоит отметить, что риски значительно возрастают при сочетании йодного дефицита с техногенными загрязнениями, что характерно для районов, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС. Это сочетание не только утяжеляет течение зобной эндемии, но и увеличивает риск онкологических заболеваний щитовидной железы [35].

Заключение

В ходе исследования проведён региональный анализ пространственно-временной динамики и структуры первичной инвалидизации детского населения Республики Беларусь с применением геоинформационных систем. Выявлены основные структурные сдвиги классов заболеваний, вызывающих первичную инвалидизацию детского населения Республики Беларусь, а также зафиксирована тенденция увеличения доли данной категории граждан как в целом по стране, так и в разрезе регионов. Установлено, что в структуре детской инвалидности наиболее часто встречаются следующие нозологические формы: психические расстройства и расстройства поведения, врождённые аномалии, деформации и хромосомные нарушения, болезни нервной системы. Однако необходимо отметить, что доля детей с инвалидностью по причинам врождённых аномалий, деформаций, хромосомных нарушений и болезней нервной системы снижается. При этом увеличивается доля детей, имеющих инвалидность из-за болезней эндокринной системы, расстройства питания, нарушений обмена веществ и болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани.

Полученные результаты исследования имеют научную и практическую значимость и могут служить основой для разработки рекомендаций органам государственного управления и общественных организаций, координирующих деятельность в области социальной защиты населения при разработке государственных программ социально-экономического развития Республики Беларусь.

Список источников

1. Министерство труда и социальной защиты Республики Беларусь: официальный сайт. Минск, 2000-2026. URL: <https://mintrud.gov.by/ru> (дата обращения: 31.01.2026).
2. Национальный план действий по реализации в Республике Беларусь положений Конвенции о правах инвалидов на 2026-2030 годы: одобрена Республиканским межведомственным советом по правам инвалидов при Совете Министров Республики Беларусь от 08.12.2025 №14-13/2пр-РМС // Министерство труда и социальной защиты. URL: <https://www.mintrud.gov.by/uploads/files/Natsionalnyj-plan-na-2026-2030.pdf> (дата обращения: 31.01.2026).
3. О Государственной программе «Социальная защита» на 2021-2025 годы: Постановление правительства Республики Беларусь от 21 декабря 2025 г. № 748 // Министерство труда и социальной защиты. URL: https://mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/flash_files/GP-sotszaschita-2026-2030.pdf (дата обращения: 31.01.2026).
4. Информационно-статистический сборник по медицинской экспертизе и реабилитации в Республике Беларусь: в 2 ч. Ч. 1: Показатели инвалидности 2014 г. / сост. В. Б. Смычек, А. В. Копыток, С. И. Лушинская. Минск: Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации, 2015. 116 с.
5. Информационно-статистический сборник по медицинской экспертизе и реабилитации в Республике Беларусь: в 2 ч. Ч. 1: Показатели инвалидности 2015 г. / сост. В. Б. Смычек, А. В. Копыток, С. И. Лушинская. Минск: Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации, 2016. 116 с.
6. Информационно-статистический сборник по медицинской экспертизе и реабилитации в Республике Беларусь: в 2 ч. Ч. 1: Показатели инвалидности 2016 г. / сост. В. Б. Смычек, А. В. Копыток, С. И. Лушинская. Минск: Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации, 2017. 116 с.
7. Информационно-статистический сборник по медицинской экспертизе и реабилитации в Республике Беларусь: в 2 ч. Ч. 1: Показатели инвалидности 2017 г. / сост. В. Б. Смычек, А. В. Копыток, С. И. Лушинская. Минск: Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации, 2018. 116 с.
8. Информационно-статистический сборник по медицинской экспертизе и реабилитации в Республике Беларусь: в 2 ч. Ч. 1: Показатели инвалидности 2018 г. / сост. В. Б. Смычек, А. В. Копыток, С. И. Лушинская. Минск: Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации, 2019. 116 с.
9. Информационно-статистический сборник по

References

1. Ministry of Labor and Social Protection of the Republic of Belarus: official website. Minsk, 2000-2026. URL: <https://mintrud.gov.by/ru> (accessed 31.01.2026). (In Russ)
2. National Action Plan for the Implementation of the Provisions of the Convention on the Rights of Persons with Disabilities in the Republic of Belarus for 2026-2030: approved by the Republican Interdepartmental Council on the Rights of Persons with Disabilities under the Council of Ministers of the Republic of Belarus on 08.12.2025 No. 14-13/2pr-RMS. *Ministry of Labor and Social Protection*. URL: <https://www.mintrud.gov.by/uploads/files/Natsionalnyj-plan-na-2026-2030.pdf> (accessed 31.01.2026). (In Russ)
3. On the State Program "Social Protection" for 2021-2025: Resolution of the Government of the Republic of Belarus of December 21, 2025 No. 748. *Ministry of Labor and Social Protection*. URL: https://mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/flash_files/GP-sotszaschita-2026-2030.pdf (accessed 31.01.2026). (In Russ)
4. Smychek VB, Kopytok AV, Lushchinskaya SI. Information and statistical collection on medical examination and rehabilitation in the Republic of Belarus: in 2 parts. Part 1: Disability indicators for 2014. Minsk: Republican Scientific and Practical Center for Medical Examination and Rehabilitation, 2015:116. (In Russ)
5. Smychek VB, Kopytok AV, Lushchinskaya SI. Information and statistical collection on medical examination and rehabilitation in the Republic of Belarus: in 2 parts. Part 1: Disability indicators for 2015. Minsk: Republican Scientific and Practical Center for Medical Examination and Rehabilitation, 2016:116. (In Russ)
6. Smychek VB, Kopytok AV, Lushchinskaya SI. Information and statistical collection on medical examination and rehabilitation in the Republic of Belarus: in 2 parts. Part 1: Disability indicators for 2016. Minsk: Republican Scientific and Practical Center for Medical Examination and Rehabilitation, 2017:116. (In Russ)
7. Smychek VB, Kopytok AV, Lushchinskaya SI. Information and statistical collection on medical examination and rehabilitation in the Republic of Belarus: in 2 parts. Part 1: Disability indicators for 2017. Minsk: Republican Scientific and Practical Center for Medical Examination and Rehabilitation, 2018:116. (In Russ)
8. Smychek VB, Kopytok AV, Lushchinskaya SI. Information and statistical collection on medical examination and rehabilitation in the Republic of Belarus: in 2 parts. Part 1: Disability indicators for

медицинской экспертизе и реабилитации в Республике Беларусь: в 2 ч. Ч. 1: Показатели инвалидности 2019 г. / сост. В. Б. Смычек, А. В. Копыток, С. И. Лушинская. Минск: Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации, 2020. 115 с.

10. Информационно-статистический сборник по медицинской экспертизе и реабилитации в Республике Беларусь: в 2 ч. Ч. 1: Показатели инвалидности 2020 г. / сост. В. Б. Смычек, А. В. Копыток, С. И. Лушинская. Минск: Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации, 2021. 116 с.

11. Информационно-статистический сборник по медицинской экспертизе и реабилитации в Республике Беларусь: в 2 ч. Ч. 1: Показатели инвалидности 2021 г. / сост. В. Б. Смычек, А. В. Копыток, С. И. Лушинская. Минск: Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации, 2022. 102 с.

12. Информационно-статистический сборник по медицинской экспертизе и реабилитации в Республике Беларусь: в 2 ч. Ч. 1: Показатели инвалидности 2022 г. / сост. В. Б. Смычек, А. В. Копыток, С. И. Лушинская. Минск: Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации, 2023. 116 с.

13. Информационно-статистический сборник по медицинской экспертизе и реабилитации в Республике Беларусь: в 2 ч. Ч. 1: Показатели инвалидности 2023 г. / сост. В. Б. Смычек, А. В. Копыток, С. И. Лушинская. Минск: Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации, 2024. 100 с.

14. Здравоохранение в Республике Беларусь: официальный статистический сборник за 2014 г. Минск: Республиканская научная медицинская библиотека, 2015. 282 с.

15. Здравоохранение в Республике Беларусь: официальный статистический сборник за 2015 г. Минск: Республиканская научная медицинская библиотека, 2016. 278 с.

16. Здравоохранение в Республике Беларусь: официальный статистический сборник за 2016 г. Минск: Республиканская научная медицинская библиотека, 2017. 277 с.

17. Здравоохранение в Республике Беларусь: официальный статистический сборник за 2017 г. Минск: Республиканская научная медицинская библиотека, 2018. 277 с.

18. Здравоохранение в Республике Беларусь: официальный статистический сборник за 2018 г. Минск: Республиканская научная медицинская библиотека, 2019. 261 с.

19. Здравоохранение в Республике Беларусь: официальный статистический сборник за 2019 г. Минск: Республиканская научная медицинская библиотека, 2020. 257 с.

2018. Минск: Republican Scientific and Practical Center for Medical Examination and Rehabilitation, 2019:116. (In Russ)

9. Smychek VB, Kopytok AV, Lushchinskaya SI. Information and statistical collection on medical examination and rehabilitation in the Republic of Belarus: in 2 parts. Part 1: Disability indicators for 2019. Minsk: Republican Scientific and Practical Center for Medical Examination and Rehabilitation, 2020:116. (In Russ)

10. Smychek VB, Kopytok AV, Lushchinskaya SI. Information and statistical collection on medical examination and rehabilitation in the Republic of Belarus: in 2 parts. Part 1: Disability indicators for 2020. Minsk: Republican Scientific and Practical Center for Medical Examination and Rehabilitation, 2021:116. (In Russ)

11. Smychek VB, Kopytok AV, Lushchinskaya SI. Information and statistical collection on medical examination and rehabilitation in the Republic of Belarus: in 2 parts. Part 1: Disability indicators for 2021. Minsk: Republican Scientific and Practical Center for Medical Examination and Rehabilitation, 2022:102. (In Russ)

12. Smychek VB, Kopytok AV, Lushchinskaya SI. Information and statistical collection on medical examination and rehabilitation in the Republic of Belarus: in 2 parts. Part 1: Disability indicators for 2022. Minsk: Republican Scientific and Practical Center for Medical Examination and Rehabilitation, 2023:116. (In Russ)

13. Smychek VB, Kopytok AV, Lushchinskaya SI. Information and statistical collection on medical examination and rehabilitation in the Republic of Belarus: in 2 parts. Part 1: Disability indicators for 2023. Minsk: Republican Scientific and Practical Center for Medical Examination and Rehabilitation, 2024:100. (In Russ)

14. Healthcare in the Republic of Belarus: Official Statistical Digest for 2014. Minsk: Republican Scientific Medical Library, 2015:282. (In Russ)

15. Healthcare in the Republic of Belarus: Official Statistical Digest for 2015. Minsk: Republican Scientific Medical Library, 2016:278. (In Russ)

16. Healthcare in the Republic of Belarus: Official Statistical Digest for 2016. Minsk: Republican Scientific Medical Library, 2017:277. (In Russ)

17. Healthcare in the Republic of Belarus: Official Statistical Digest for 2017. Minsk: Republican Scientific Medical Library, 2018:277. (In Russ)

18. Healthcare in the Republic of Belarus: Official Statistical Digest for 2018. Minsk: Republican Scientific Medical Library, 2019:261. (In Russ)

19. Healthcare in the Republic of Belarus: Official Statistical Digest for 2019. Minsk: Republican Scientific Medical Library, 2020:257. (In Russ)

20. Здравоохранение в Республике Беларусь: официальный статистический сборник за 2020 г. Минск: Республиканская научная медицинская библиотека, 2021. 267 с.
21. Здравоохранение в Республике Беларусь: официальный статистический сборник за 2021 г. Минск: Республиканская научная медицинская библиотека, 2022. 274 с.
22. Здравоохранение в Республике Беларусь: официальный статистический сборник за 2022 г. Минск: Республиканская научная медицинская библиотека, 2023. 272 с.
23. Здравоохранение в Республике Беларусь: официальный статистический сборник за 2023 г. Минск: Республиканская научная медицинская библиотека, 2024. 278 с.
24. О правах инвалидов и их социальной интеграции: закон Республики Беларусь от 30 июня 2022 г. № 183-З. Минск: Национальный центр правовой информации Республики Беларусь, 2022. 37 с.
25. Интерактивная информационно-аналитическая система распространения официальной статистической информации // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Минск, 2000-2026. URL: <https://dataportal.belstat.gov.by/osids/home-page> (дата обращения: 31.01.2026).
26. Инвалидность детского населения России (Серия «Социальная педиатрия». Вып. 7) / под ред. А. А. Баранова. М.: Центр развития межсекторальных программ, 2008. 240 с.
27. Проблемы детской инвалидности в переходный период в странах ЦВЕ/СНГ и Балтии. Florence: ЮНИСЕФ; Инноченти, 2005. 70 с.
28. Малышкина А. И., Песикин О. Н., Самсонова Т. В., Васильева Т. П., Чаша Т. В. Организационная модель профилактики детской неврологической инвалидности у глубоко недоношенных детей с перинатальными поражениями центральной нервной системы // Паллиативная медицина и реабилитация. 2014. № 2. С. 44-48. EDN: SGTZAV
29. Барашнев Ю. И. Перинатальная неврология. М.: Триада-Х, 2001. 638 с.
30. Гарбарук Е. С., Калмыкова И. В., Вершинина Е. А. Сенсоневральная тугоухость и слуховая нейропатия у недоношенных детей // Российская оториноларингология. 2008. № S1. С. 228-231. EDN: SZVFIH
31. Каргина Л. А. Ретинопатия недоношенных, современное состояние: проблемы и задачи организации офтальмологической помощи недоношенным детям в РФ // Российская педиатрическая офтальмология. 2012. № 1. С. 5-7. EDN: PUJLAT
32. Davies MJ, Moore VM, Willson KJ, Essen PhV. Reproductive technologies and the risk of birth defects. *The New-England Medical Review and Journal*. 2012(366(19)):1803-1813. DOI:10.1056/NEJMoa1008095
33. Wen J, Jiang J, Ding Ch, Dai J, et al. Birth defects in children conceived by in vitro fertilization
20. Healthcare in the Republic of Belarus: Official Statistical Digest for 2020. Minsk: Republican Scientific Medical Library, 2021:267. (In Russ)
21. Healthcare in the Republic of Belarus: Official Statistical Digest for 2021. Minsk: Republican Scientific Medical Library, 2022:274. (In Russ)
22. Healthcare in the Republic of Belarus: Official Statistical Digest for 2022. Minsk: Republican Scientific Medical Library, 2023:272. (In Russ)
23. Healthcare in the Republic of Belarus: Official Statistical Digest for 2023. Minsk: Republican Scientific Medical Library, 2024:282. (In Russ)
24. On the Rights of Persons with Disabilities and Their Social Integration: Law of the Republic of Belarus dated June 30, 2022, No. 183-Z. Minsk: National Center for Legal Information of the Republic of Belarus, 2022:37. (In Russ)
25. Interactive information and analytical system for the dissemination of official statistical information. *National Statistical Committee of the Republic of Belarus*. Minsk, 2000-2026. URL: <https://dataportal.belstat.gov.by/osids/home-page> (accessed 31.01.2026). (In Russ)
26. Baranov AA (ed.). Disability of the child population of Russia (Series "Social Pediatrics". Iss. 7). Moscow: Center for the Development of Intersectoral Programs, 2008:240. (In Russ)
27. Problems of Child Disability in the Transition Period in the CEE/CIS and Baltic Countries. Florence: UNICEF; Innocenti, 2005:70. (In Russ)
28. Malyshkina AI, Pesikin ON, Samsonova TV, Vasilyeva TP, et al. Organizational model for prevention of child neurological disability for extremely premature infants with perinatal central nervous system lesions. *Palliativnaya Meditsina i Reabilitatsiya*. 2014(2):44-48. (In Russ). EDN: SGTZAV
29. Barashnev Yul. Perinatal neurology. Moscow: Triada-X, 2001:638. (In Russ)
30. Garbaruk ES, Kalmykova IV, Vershinina EA. Sensorineural hearing loss and auditory neuropathy in premature infants. *Rossiyskaya Otorinolaringologiya*. 2008(S1):228-231. (In Russ). EDN: SZVFIH
31. Kargina LA. Retinopathy of prematurity, current status: problems and tasks of organizing ophthalmological care for premature infants in the Russian Federation. *Rossiyskaya Peditricheskaya Oftal'mologiya*. 2012(1):5-7. (In Russ). EDN: PUJLAT
32. Davies MJ, Moore VM, Willson KJ, Essen PhV. Reproductive technologies and the risk of birth defects. *The New-England Medical Review and Journal*. 2012(366(19)):1803-1813. DOI:10.1056/NEJMoa1008095
33. Wen J, Jiang J, Ding Ch, Dai J, et al. Birth defects in children conceived by in vitro fertilization

DOI:10.1056/NEJMoa1008095

33. Wen J, Jiang J, Ding Ch, Dai J, et al. Birth defects in children conceived by in vitro fertilization and intracytoplasmic sperm injection: a meta-analysis. *Fertility and Sterility*. 2012(97(6):1331-1337. DOI: 10.1016/j.fertnstert.2012.02.053

34. Деннер В. А., Федюнина П. С., Давлетшина О. В., Набатчикова М. В. Научный обзор вопроса детской инвалидности как медико-социальной проблемы // Молодой ученый. 2016. № 20(124). С. 71-75. EDN: WWSURF

35. Шилин Д. Е. Заболевания щитовидной железы у детей и подростков в условиях йодной недостаточности и радиационного загрязнения среды: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2002. 42 с.

and intracytoplasmic sperm injection: a meta-analysis. *Fertility and Sterility*. 2012(97(6):1331-1337. DOI: 10.1016/j.fertnstert.2012.02.053

34. Denner VA, Fedyunina PS, Davletshina OV, Nabatchikova MV. Scientific review of the issue of childhood disability as a medical and social problem. *Molodoy Ucheniy*. 2016(20(124):71-75. (In Russ). EDN: WWSURF

35. Shilin DE. Thyroid diseases in children and adolescents under conditions of iodine deficiency and radiation contamination of the environment: Author's abstract of Dr. Sci. (Medicine). Moscow, 2002:42. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Михайлов Сергей Сергеевич, аспирант, преподаватель кафедры почвоведения и геоинформационных систем, факультет географии и геоинформатики, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, mikhailavss@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-8043-0993>

Научный руководитель: Курлович Д. М., кандидат географических наук, доцент, первый проректор, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 12.02.2026
Одобрена после рецензирования 24.03.2026
Принята к публикации 01.04.2026

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Affiliation

Sergey S. Mikhailov, Ph.D. student, Lecturer, Department of Soil Science and Geoinformation Systems, Faculty of Geography and Geoinformatics, Belarusian State University, Minsk, Belarus, mikhailavss@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-8043-0993>

Scientific Supervisor: Ph.D. (Geography), Associate Professor, First Vice-Rector, Belarusian State University, Minsk, Belarus.

Conflict of interest

The author declares no conflicts of interests.

The article was submitted 12.02.2026
Approved after reviewing 24.03.2026
Accepted for publication 01.04.2026

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 556:574.5
DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-88-104
EDN: UGCUJW

Учет дефицита информации в интегральной оценке экологического благополучия природной системы

©2026 Панютин Н. А.¹, Дмитриев В. В.¹, Манвелова А. Б.✉²

¹Санкт-Петербургский государственный университет
Санкт-Петербург, Россия, nic9898@yandex.ru, v.dmitriev@spbu.ru

²Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр
Российской академии наук
Санкт-Петербург, Россия, abmanvelova@mail.ru✉

РЕЗЮМЕ. Цель. Целью работы является развитие теоретико-методологических основ анализа и оценки системных свойств природных объектов и создания моделей-классификаций интегральной оценки экологического благополучия водоемов, их водосборов и прилегающих территорий. **Методы.** Авторы провели анализ системных свойств озера Большое Волковское (Суури) в северо-западном районе Приладожья и окружающего его района на основе разработанных субиндексов продуктивности, качества и токсического загрязнения сред (атмосфера, водоем, почва), экономических и социальных факторов благополучия. Приведены авторские определения понятий «экологический статус» и «экологическое благополучие». Для расчетов использовался композитный индекс, характеризующий экологическое благополучие территории, и субиндексы отдельных составляющих. **Результаты.** Авторы получили оценочные шкалы для субиндексов и последнего уровня свертки для равновесного и неравновесного вариантов учета субиндексов с учетом точности оценки на основе полной и сокращенной программ исследований. **Выводы.** Полученный интегральный показатель экологического благополучия для ключевого района с учетом равных приоритетов позволяет отнести район к правой границе второго класса благополучия. Интегральный показатель экологического благополучия для данного района с учетом неравных приоритетов определяется величиной $0,288 \pm 0,014$, что также позволило отнести район к правой границе – середине II класса (благополучный).

Ключевые слова: экологический статус, экологическое благополучие, интегральная оценка, композитный индекс, субиндекс, дефицит информации.

Формат цитирования: Панютин Н. А., Дмитриев В. В., Манвелова А. Б. Учет дефицита информации в интегральной оценке экологического благополучия природной системы // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2026. Т. 20. № 1. С. 88-104. DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-88-104. EDN: UGCUJW

Accounting for Information Deficit in the Integral Assessment of the Natural System's Ecological Well-Being

Nikolay A. Panyutin¹, Vasily V. Dmitriev¹, Alexandra B. Manvelova✉²

¹St. Petersburg State University

St. Petersburg, Russia, nic9898@yandex.ru, v.dmitriev@spbu.ru

²St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
St. Petersburg, Russia, abmanvelova@mail.ru✉

Abstract. The aim of the paper is to develop the theoretical and methodological foundations for assessing and analyzing the systemic properties of natural objects, as well as to create classification models for the integrated evaluation of the ecological well-being of water bodies, their catchment areas and adjacent territories. **Methods.** The authors conducted an analysis of the systemic properties of Lake Bolshoye Volkovskoye (Lake Suuri) in the Northwestern Priladozhye Region and its surrounding area based on sub-indices of productivity, quality and toxic contamination of environments (atmosphere, water bodies, soil), as well as economic and social factors of well-being. The authors provide original definitions of the concepts “ecological status” and “ecological well-being”. A composite index characterizing the ecological well-being of the territory and sub-indices of individual components were used for calculations. **Results.** The authors obtained assessment scales for the sub-indices and a final aggregation level for both equilibrium and non-equilibrium scenarios, considering the accuracy of evaluation based on full and reduced research programs. **Conclusions.** The resulting integral indicator of ecological well-being for the key area, assuming equal priorities, places the region at the right boundary of the second class of well-being. The integral indicator of ecological well-being for this area, considering unequal priorities, is determined to be $0,288 \pm 0,014$, which also allows classifying the region at the right boundary – mid-second class (well-off).

Keywords: ecological status, ecological well-being, integral assessment, composite index, sub-index, information deficit.

For citation: Panyutin NA, Dmitriev VV, Manvelova AB. Accounting for Information Deficit in the Integral Assessment of the Natural System's Ecological Well-Being. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*. 2026;20(1):88-104. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-88-104. EDN: UGCUJW

Введение

В 2025 г. в России началась реализация новых национальных проектов. Одним из ее направлений является оценка «экологической ситуации, связанной с водными объектами» [1]. В статье «Вопросы экологии не имеют ни границ, ни возраста, ни политических взглядов» вице-премьер, заместитель председателя правительства России Д. Н. Патрушев рассказал о новом нацпроекте «Экологическое благополучие». Автор акцентировал внимание на необходимости повышения ответственности за реализацию проектов на местном уровне в части введения новых объектов. «Теперь объект не может считаться введенным, пока Росприроднадзор не подтвердит нужное качество очистки стоков», «все объекты будут сданы и доведены до нормативных показателей» [1].

Необходимость развития мониторинга водных объектов обуславливает необходимость развития методов оценки состояния и воздействия на окружающую среду с учетом изменения системных свойств и функций природной среды. Экономический рост российских регионов в сочетании с естественными изменениями природной среды в последние годы сопровождается воздействием негативных эф-

фектов на водные объекты (загрязнение среды известными токсикантами и новыми веществами, свойства которых слабо изучены; усиление антропогенного эвтрофирования вследствие использования минеральных удобрений, низкоэффективная работа очистных сооружений и т. д.). Все это требует совершенствования геоэкологического мониторинга водных объектов в части развития методов интегральной оценки состояния, системных свойств и функций на основе междисциплинарного подхода, развития дистанционного зондирования Земли и современных геоинформационных возможностей.

В оценке состояния природных и антропогенно-трансформированных систем и системном нормировании на первый план выходит развитие методов интегральной оценки в условиях дефицита информации о критериях и приоритетах оценивания. А. А. Типков [2], объективно оценивая ситуацию, писал о том, что «не существует признанного стандарта или международного признанного правила для определения количества и типа переменных, которые должны быть включены в количественную оценку состояния окружающей среды» [2]. Особо следует отметить, что оценивать необхо-

димо не только компонентный химический и биологический состав всех сред и их физические свойства, но также интегративные (эмерджентные) свойства природных систем в целом (устойчивость, уязвимость, экологическая напряженность, экологическое благополучие/неблагополучие и др.). Эти свойства характеризуют состояние природной системы в целом, а не отдельного компонента или «слабого звена», под которым часто понимается «репрезентативный компонент химической или биологической природы» [2]. Они же являются основой исследования и систематики новых системных свойств. Отметим также в последнее время рост числа публикаций, нацеленных на рейтингование исследуемых объектов по совокупности оцениваемых свойств. В их основе, как правило, лежит балльное или балльно-индексное оценивание [3; 4], но при этом в стороне оказываются классификации и типизации объектов по совокупности параметров, не определено их место в интегральной оценке, а также выявление возможности развития при изменении региональной политики и региональных приоритетов. В публикации [5] необходимость введения границ между классами в моделях-классификациях переводится в идею экотонизации геосистем.

Развитие геоэкологического мониторинга необходимо нацеливать на оценку сложных системных свойств и системных эффектов, проявляющихся на фоне естественного изменения природной среды. Также необходимо учиться прогнозировать ответную реакцию систем на воздействие опасных природных явлений (ОПЯ) и опасных гидрологических явлений (ОГЯ) или планируемых возможных сценариев сочетания этих воздействий с естественными и антропогенными изменениями. Заслуживает внимания развитие методов оценки социально-экономического и экологического состояний водосборных бассейнов водоемов. Это дает возможность детально оценивать и анализировать состояние водных объектов с точки зрения их дальнейшей хозяйственной привлекательности, использования водных объектов в рекреа-

ционных и других целях, развивать навыки геоинформационной поддержки управления геосистемами и создания новых моделей, позволяющих прогнозировать изменения и результаты планируемых воздействий. Особенно это актуально для водоемов, которые подвержены влиянию больших и средних городов и могут стать точками притяжения местного населения и гостей.

Цель исследования – развитие теоретико-методологических основ оценки и анализа системных свойств природных объектов и создание моделей-классификаций интегральной оценки экологического благополучия водоемов и их водосборов с позиций антропо- и экоцентризма. В перечень задач вошли: разработка алгоритмов (методики) оценивания, апробация разработанных моделей-классификаций на примере ключевых водных объектов в условиях недостатка информации о параметрах и приоритетах оценивания; исследование моделей интегральной оценки экологического благополучия.

Результаты и их обсуждение

Теоретико-методологические основы построения композитных индексов экологического благополучия изложены нами в публикациях последних лет [6; 7]. В ходе создания моделей-классификаций использовались и развивались авторские представления об экологическом статусе и экологическом благополучии водных объектов и методов их интегральной оценки. Учитывались многокритериальность систем и принцип их иерархической организации, выявление мультиколлинеарности критериев оценивания, системологический принцип множественности моделей, принцип эмерджентности сложных систем, современные возможности использования нечисловой информации в задании приоритетов оценивания.

Под понятием «экологический статус» авторами понимается интегративное свойство, включающее возможности водного объекта: 1 – продуцировать органическое вещество; 2 – изменять химический и биологический состав, качество и токсическое загрязнение воды; 3 – сохранять потенциальную устойчивость объекта. Для этого учитываются морфометриче-

ские характеристики, климатические условия и гидрологические параметры [7].

Представление об экологическом статусе развивалось авторами в течение последних лет на основе создания новых моделей-классификаций, их исследования, привлечения новых критериев оценивания; формирования представления об интегральной оценке как многокритериальной и многоуровневой оценке, учитывающей полииерархическую организацию сложных систем в природе и обществе с учетом введения в модели «рычагов изменения» механизмов и приоритетов, элементов управления на основе анализа последствий планируемых воздействий или проявления ОПЯ, ОГЯ в результате изменения природного и антропогенного влияния на состояние систем и экологическую обстановку. В связи с этим разработанные модели-классификации оценки экологического состояния парциально включались авторами в оценку качества жизни населения и в более сложные свойства, такие как благополучие социо-эколого-экономических систем в целом [6-9].

Под экологически благополучной системой авторы понимают систему, которая: 1 – способна продуцировать органическое вещество в соответствии с исторической фазой развития; 2 – выполняет в большей или меньшей степени социально-экономические функции и функции жизнеобеспечения (средо- и ресурсобеспечения), воспроизводство ресурсов; 3 – является разнообразной по составу биоты и абиотической среды; 4 – является чистой (по химическому составу сред и биологическим критериям оценки их качества); 5 – является устойчивой в большей или меньшей степени к изменению естественных условий и параметров естественных режимов; 6 – способна к самоочищению; 7 – обладает низкой скоростью загрязнения, ацидификации; 8 – имеет возможность сохранять перечисленные выше свойства и функции довольно продолжительное время в условиях изменяющихся среды и условий жизни организмов [10].

В процессе развития представлений об экологическом благополучии изучались две основные возможности выполнения

оценочных исследований. Первая возможность – выполнение оценки с позиции «стратегии природы» [11], которую мы условно называем «био- и/или экоцентризм». Здесь на первое место выходят приоритеты сохранения живых организмов, их видового богатства и разнообразия; оптимального для данной исторической фазы развития, сохранения продуцирующей функции объекта, сохранение уникальной экосистемы в целом. Исследователь, формируя расчетный сценарий (модель-классификацию), создает заменитель «умной экосистемы» на основе учета в модели-классификации параметров и приоритетов, отражающих способность системы развиваться длительное время в условиях, не выводящих систему в другой класс по совокупности компонентного состава, свойств, системных функций и влияющих факторов. Если в каком-либо расчетном сценарии исследователь изменил условия и/или приоритеты учета влияния факторов, имитировал внешнее воздействие ОПЯ или антропогенного системного эффекта, получил в итоге снижение статуса по величине интегрального показателя экологического статуса (ИПЭС) или благополучия объекта по величине интегрального показателя экологического благополучия (ИПЭБ), он вправе поднять вопрос о недопустимости данного воздействия или недопустимости изменения приоритетов регионального планирования, вызвавших негативные изменения.

Вторая возможность – выполнение оценки с позиции «стратегии человека» [11], которую мы условно называем «антропоцентризм». В этом случае на первое место выходят интересы человека (общества), его средо- и жизнеобеспечения, а также санитарно-гигиенические критерии качества природных сред. В наших публикациях [6; 7] встречались попытки совместить эти основные цели, например, в единой модели-классификации интегральной оценки экологического статуса и/или экологического благополучия. Это выражалось в том, что при расчетах интегрального показателя последнего уровня свертки исследователь может спланировать изменение приоритета

вклада отдельных субиндексов в итоговый результат. Таким образом, задав равные приоритеты в параметрическом сочетании субиндексов или приоритет первой возможности, описанной выше (или второй возможности), исследователь тем самым формирует новую оценочную шкалу для последнего уровня свертки субиндексов. Последний уровень свертки характеризуется параметрическим сочетанием ряда субиндексов в нескольких учитываемых иерархиях. Эта шкала становится основой для последующих расчетов интегральных показателей по полученным натурным данным и их систематики. Результат такого сочетания по аналогии с известным в экономике композитным индексом опережающих индикаторов (англ. *Composite Index of Leading Indicators*), ежемесячно публикуемым организацией Conference Board, был назван нами композитным индексом системного свойства природного объекта. В [12; 13] поясняется, что в экономике этот индекс используется для прогнозирования тенденций развития экономики в следующем месяце. Индекс состоит из 10 экономических компонентов (субиндексов), изменения которых обычно предшествуют изменениям в экономике в целом. Композитный индекс опережающих индикаторов является критерием, который используется для прогнозирования тенденций в развитии экономики на ближайшее будущее и позволяет сформировать будущие ожидания и принять более обоснованные решения. Этот индекс был отнесен нами в группу «обобщенных d – функций» в обзорах по индексам окружающей среды [14] и, по сути, представляет собой интегральный показатель последнего уровня свертки при использовании в оценочных исследованиях метода рандомизированных сводных показателей или «АПИД-методологии» (анализ и синтез показателей при информационном дефиците), используемых нами в публикациях начиная с конца 1990-х гг. [2; 15]. В последние годы были введены термины «композитный индекс» или «композитный индекс опережающих индикаторов» в публикации по геоэкологической и природоохранной тематике [16].

В оценке экологического благополучия водоемов в качестве одного из субиндексов выступает экологический (геоэкологический) статус водоема.

В иностранных статьях синонимичным понятием «экологическому благополучию» является «здоровье экосистемы» (*ecosystem health*). Под ним понимается способность экосистемы поддерживать пищевые сети на различных трофических уровнях, необходимых для поддержания экосистемы, способность экосистемы сохранять структуру и функционировать при внешнем воздействии на нее [17].

Отметим серию работ китайских ученых по созданию моделей-классификаций природных и общественных систем. Модель, разработанная совместно специалистами из государственной лаборатории гидрологии, водных ресурсов и гидротехнического строительства г. Нанкин, гидрологического управления провинции Ляонин и Пекинского научно-исследовательского центра экологического инжиниринга водосборных бассейнов, была апробирована на крупнейшем озере северного Китая – Байяндянь. В данной модели использовались индексы, сгруппированные в пять групп и субиндексы, включающие гидробиологические, морфометрические и антропогенные, гидрологические и социальные критерии и субиндексы, а также критерии трофического статуса и качества воды. В отношении этой модели также уместно говорить, что она совмещает два подхода, описанных выше: антропоцентрический и биоцентрический [18]. Также китайские исследователи использовали композитные индексы для оценки экосистем островов архипелага Чжоушань и выработки стратегии их устойчивого развития [19].

Опыт, полученный при создании методологии исследования сложных природных и общественных систем в условиях имеющейся информации о составе и свойствах изучаемых объектов и в условиях дефицита информации о компонентном составе и приоритетах оценивания, позволил представить возможность получения субиндексов и индекса экологического благополучия (ЭБ) в виде сочетания условий, обстоятельств, факторов, этапов,

определяющих субиндексы экологического статуса и экологического благополучия различных гео- и социосистем в целом, приведен на рисунке 1.

Следуя этапам оценки, обозначенным на рисунке 1 цифрами от 1 до 15, для расчета интегрального показателя ЭБ (ИПЭБ) необходимо по полной или сокращенной программе рассчитать субиндексы: продуктивности (ИПТ), качества и токсического загрязнения воды (ИПК), потенциальной устойчивости водоема (ИПУ). Эти три субиндекса образуют интегральный показатель экологического статуса (ИПЭС).

После этого рассчитываются субиндексы качества жизни населения на основе трех субиндексов: состояния окружающей среды (ИПЭБ1), экономического (ИПЭБ2), социального (ИПЭБ3). Здесь можно ввести еще один уровень свертки для интегрального показателя качества

жизни (ИПКЖ): $ИПКЖ = ИПЭБ1 + ИПЭБ2 + ИПЭБ3$. Затем рассчитываются $ИПЭБ = ИПЭС + ИПЭБ1 + ИПЭБ2 + ИПЭБ3$ или $ИПЭБ = ИПЭС + ИПКЖ$. При этом в полной оценке выполняется расчет всех субиндексов на всех уровнях свертки показателей и расчет ИПЭБ на последнем уровне свертки. В сокращенной программе исследователь задает рекогносцировочное значение для всех субиндексов в пределах класса, к которому, по его мнению, или мнению привлеченных экспертов, относится система. На этой основе затем выполняется свертка показателей для субиндексов и в итоге рассчитывается ИПЭБ. Пример исходной модели-классификации для выполнения всех этапов приведен в таблице 1. В таблице приведены все шкалы в натуральном (числитель) и нормированном (знаменатель) виде и шкалы для субиндексов ИПЭС, ИПЭБ1, ИПЭБ2, ИПЭБ3.

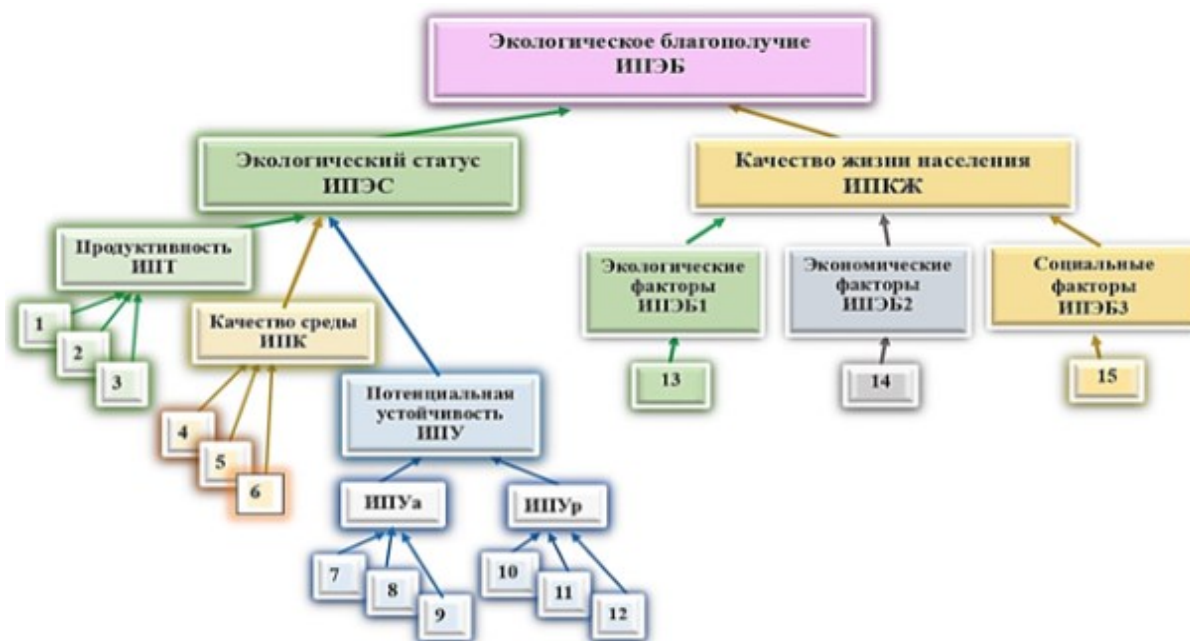


Рис. 1. Виды субиндексов и выполнение этапов интегральной оценки экологического статуса и экологического благополучия природной и антропогенно-трансформированной геосистемы

Fig. 1. Types of sub-indices and the implementation of stages in the integrated assessment of the ecological status and ecological well-being of natural and anthropogenically transformed geosystems

Таблица 1. Пример модели-классификации для выполнения этапов расчета интегрального показателя экологического благополучия
Table 1. The initial classification model for performing the stages of calculating the integrated indicator of environmental well-being

№ No.	Критерий Criterion	Класс экологического благополучия Environmental well-being class					
		I (max)	II	III	IV	V (min)	Источник Source
Экологический статус водного объекта							
1	Интегральный показатель устойчивости	0,0-0,275	0,275-0,532	0,532-0,736	0,736-0,85	0,85-1,0	[20]
2	Интегральный показатель продуктивности (трофности)	0,0-0,180	0,180-0,335	0,335-0,500	0,500-0,745	0,745-1,0	[21]
3	Интегральный показатель качества и токсического загрязнения воды	0,0-0,122	0,122-0,257	0,257-0,371	0,371-0,614	0,614-1,0	[22]
Интегральный показатель экологического статуса ИПЭС		0-0,192	0,192-0,375	0,375-0,536	0,536-0,736	0,736-1	Рассчитан по авторской модели
Качество жизни населения							
Экологическое состояние окружающей среды							
4	Содержание свинца в почве, мг/кг воздуха.-сухой почвы	<u>0-10</u> 0,0-0,2	<u>10-20</u> 0,2-0,4	<u>20-30</u> 0,4-0,6	<u>30-40</u> 0,6-0,8	<u>40-50</u> 0,8-1,0	[23]
5	Потенциальная способность почв к самоочищению при химическом загрязнении, баллы	<u>21,5-19,2</u> 0,0-0,107	<u>19,2-17,2</u> 0,107-0,2	<u>17,2-14,7</u> 0,2-0,316	<u>14,7-12,2</u> 0,316-0,433	<u>12,2-0</u> 0,433-1,0	[23]
6	Концентрация взвешенных частиц в атмосфере (PM2.5) разовая, мкг/м³	<u>0-0,15</u> 0,0-0,007	<u>0,15-0,3</u> 0,007-0,013	<u>0,3-7,75</u> 0,013-0,342	<u>7,75-15,19</u> 0,342-0,671	<u>15,19-22,64</u> 0,671-1,0	[24]
7	Концентрация оксида углерода в атмосфере разовая, мг/м³	<u>0-2,5</u> 0,0-0,2	<u>2,5-5</u> 0,2-0,4	<u>5-7,5</u> 0,4-0,6	<u>7,5-10</u> 0,6-0,8	<u>10-12,5</u> 0,8-1,0	[25]
8	Концентрация диоксида азота разовая, мг/м³	<u>0-0,1</u> 0,0-0,2	<u>0,1-0,2</u> 0,2-0,4	<u>0,2-0,3</u> 0,4-0,6	<u>0,3-0,4</u> 0,6-0,8	<u>0,4-0,5</u> 0,8-1,0	[26]
Интегральный показатель состояния окружающей среды ИПЭБ1		0-0.143	0,143-0,283	0,283-0,492	0,492-0,701	0,701-1,0	
Экономические условия							
9	Плотность населения, чел/км²	<u>0-10</u> 0-0,05	<u>10-25</u> 0,05-0,125	<u>25-50</u> 0,125-0,25	<u>50-100</u> 0,25-0,5	<u>100-200</u> 0,5-1,0	[23]
10	Валовый региональный продукт, млрд руб.	<u>10000-8000</u> 0-0,2	<u>8000-6000</u> 0,2-0,4	<u>6000-4000</u> 0,4-0,6	<u>4000-2000</u> 0,6-0,8	<u>2000-0</u> 0,8-1,0	[27]
11	Стоимость затрат на реализацию водоснабжения; водоотведения, организации сбора и утилизации отходов, деятельности по ликвидации загрязнений, млрд. руб	<u>70-56</u> 0-0,2	<u>56-42</u> 0,2-0,4	<u>42-28</u> 0,4-0,6	<u>28-14</u> 0,6-0,8	<u>14-0</u> 0,8-1,0	[28]
12	Доля сельскохозяйственных угодий в общей земельной площади водосбора, % от общей площади	<u>0-5</u> 0-0,062	<u>5-20</u> 0,062-0,25	<u>20-40</u> 0,25-0,5	<u>40-60</u> 0,5-0,75	<u>60-80</u> 0,75-1,0	[23]

Интегральный показатель экономических условий на водосборе ИПЭБ2		0-0,128	0,128-0,294	0,294-0,488	0,488-0,712	0,712-1	
Социальные условия							
13	Рекреационный потенциал береговой зоны, индекс уровня рекреационного развития, млн руб./ чел*км ²	<u>260-218</u> 0-0,2	<u>218-176</u> 0,2-0,4	<u>176-134</u> 0,4-0,6	<u>134-92</u> 0,6-0,8	<u>92-50</u> 0,8-1,0	[29]
14	Степень загрязнения водосборной территории, баллы	<u>0-2</u> 0-0,2	<u>2-4</u> 0,2-0,4	<u>4-6</u> 0,4-0,6	<u>6-8</u> 0,6-0,8	<u>8-10</u> 0,8-1,0	Составлен авторами
15	Степень рекреационной привлекательности водоема, баллы	<u>0-2</u> 0-0,2	<u>2-4</u> 0,2-0,4	<u>4-6</u> 0,4-0,6	<u>6-8</u> 0,6-0,8	<u>8-10</u> 0,8-1,0	[29]
16	Индекс человеческого развития территории	<u>0,972-0,900</u> 0-0,123	<u>0,900-0,804</u> 0,123-0,288	<u>0,804-0,703</u> 0,288-0,461	<u>0,703-0,550</u> 0,461-0,723	<u>0,388-0,550</u> 0,723-1,0	[30]
Интегральный показатель социальных условий на водосборе ИПЭБ3		00,181	0,181-0,372	0,372-0,565	0,565-0,781	0,781-1	

Решение проблемы выбора нормирующих функций. Для выполнения этапа нормирования показателей в оценочных шкалах авторами были выбраны нормирующие функции (1) и (2) для учёта неубывающей нелинейной связи между критерием и оцениваемым свойством (1) и невозрастающей линейной связи между критерием и оцениваемым свойством (2). При этом важно, что каждая функция даёт возможность учёта ЭБ при оценке значений $x_i \leq \min_i$; $\min_i < x_i < \max_i$ и $x_i \geq \max_i$. В качестве $\min$ и $\max$ при формировании шкал нами было рекомендовано задавать не экстремальные значения $\min$ и $\max$, а типичные для региона и масштаба объектов значения.

$$q_i = q_i(x) = \begin{cases} 0. & \text{при } x_i \leq \min_i \\ \left(\frac{x_i - \min_i}{\max_i - \min_i} \right)^\lambda, & \text{при } \min_i < x_i < \max_i \\ 1. & \text{при } x_i \geq \max_i \end{cases} \quad (1)$$

$$q_i = q_i(x) = \begin{cases} 1. & \text{при } x_i \leq \min_i \\ \left(\frac{\max_i - x_i}{\max_i - \min_i} \right)^\lambda, & \text{при } \min_i < x_i < \max_i \\ 0. & \text{при } x_i \geq \max_i \end{cases} \quad (2)$$

В формулах (1) и (2): q_i – преобразованное (нормированное) значение критерия; x_i – текущее значение параметра; $\min_i$ – минимальное (фоновое, допустимое, безопасное, предельно-допустимое и т. п.)

значение критерия; $\max_i$ – максимальное значение критерия; λ – показатель степени, отражающий возможную нелинейность связи параметров с оцениваемым качеством. В нашем случае полагалось, что $\lambda = 1,0$ (линейное приближение функций 1 и 2). В других случаях исследователь должен дополнительно ввести показатель степени λ , определяющий характер и степень выпуклости нормирующей функции $q_i(x_i)$: при $\lambda > 1$ соответствующая нормирующая функция выпукла вниз, а при $\lambda < 1$ – вверх. Диапазон изменения q_i всегда находится в пределах от 0,0 до 1,0.

На следующем этапе с помощью функций (1) и (2) выполнялось нормирование выбранных критериев по всем шкалам. Результаты нормирования содержатся в таблице 1 в знаменателе в каждом классе значений параметров и оценочных шкал. Диапазон изменения q_i находится в пределах от 0,0 до 1,0. Значение $q_i = 1$ может свидетельствовать о благополучии системы по i критерию, а значение $q_i = 0$ – о ее деградации (или наоборот). Значение $q_i = 0$ в нашем случае свидетельствует о высоком ЭБ, а $q_i = 1$ – о низком ЭБ. Таким образом, исходные параметры в различных шкалах измерения (абсолютные, средние, величины в конкретных единицах измерения, относительные или балльные оценки и др.) приводятся к единой безразмерной шкале. После этого над их значениями можно производить математические действия с целью получения инте-

грального показателя состояния системы (оценки ее интегративного свойства).

Далее выбирается вид синтезирующей функции (интегрального показателя ЭБ), ниже в тексте он обозначен в общем виде как $Q(q, w)$. По условиям, принятым авторами, он зависит не только от нормированных критериев q_i , но и от их значимости, определяемой приоритетами или весовыми коэффициентами w_i , сумма которых должна равняться 1.

Для последней свертки субиндексов при расчете ИПЭБ получим сумму нормированных значений: ИПЭС (экологический статус водоема), ИПЭБ1 (состояние и качество окружающей среды), ИПЭБ2 (экономические факторы), ИПЭБ3 (социальные условия), взятых со своим весом:

$$Q(w_1 \dots q_4; w_1 \dots w_4) = \sum_{i=1}^4 (q_i w_i) \quad (3).$$

Следующим этапом является обоснование и выбор весовых коэффициентов w_i . Для задания w_i будем использовать правило:

$$0.0 \leq w_i \leq 1.0 \text{ и } \sum_{i=1}^4 w_i = 1. \quad (4)$$

Основные способы учёта веса отдельных критериев: 1 – вес всех критериев принимается равным; 2 – вес наиболее важных критериев увеличивается, а вес второстепенных, наоборот, уменьшается; 3 – моделирование приоритетов (весов) на основе использования *ннн*-информации.

В рассмотренном нами примере оценки ИПЭБ используется первый и третий способы задания w_i . Рассмотрим два примера возможного учёта веса выбранных критериев. В первом примере вес задаётся одинаковым и определяется формулой $w_i = 1/n$, где n – количество выбранных критериев. Для данной оценки $w_i = 1/4 = 0,250$.

Во втором примере сохраним те же оценочные шкалы для субиндексов и равные приоритеты в их расчетах. На следующем этапе реализуем статистическую процедуру рандомизации, при которой выбор веса для субиндексов принимается случайным образом из выборки весов с заданной точностью перебора их комбинаций в пределах от 0,0 до 1,0. Для этого рассмотрим пример выбора нечисловой (порядковой, ординальной) информации при задании приоритетов выбора (моделирования) веса в виде: $w_1 = w_2 > w_3 = w_4$, где

w_1 – вес ИПЭС, w_2 – вес ИПЭБ1, w_3 – вес ИПЭБ2, w_4 – вес ИПЭБ3. Этот пример подготовлен авторами на основе рисунка 1 при условии работы с 4 субиндексами, минуя расчет ИПКЖ для иллюстрации одновременного учета приоритетов всех субиндексов. При этом с большим весом в свертку показателей войдут субиндексы экологического состояния (статуса) водоема w_1 и качества других сред w_2 . С меньшим весом в этом примере учтены экономические w_3 и социальные w_4 условия.

Далее, для определения веса учитываемых характеристик на основе заданных нечисловых приоритетов и (4) переберем все числа от 0 до 1 с некоторым, выбранным нами, шагом отсчета. Будем полагать, что весовые коэффициенты задаются с некоторой конечной точностью, определяемой шагом отсчета $h = 1/n$, где n – натуральное число ($n > 1$). Тогда множество всех возможных «весовых векторов» представляет собой конечное число элементов $N(m, n)$, определяемое формулой [31]:

$$N(m, n) = \binom{n+m-1}{n} = \binom{n+m-1}{m-1} = \frac{(n+m-1)!}{n!(m-1)!} \quad (5)$$

Для вычисления факториала неотрицательного числа в (5) необходимо, чтобы это число было целым. Следует заметить, что число всех возможных весовых векторов быстро растет при увеличении числа m используемых критериев и показателя дискретности n , достигая высоких значений уже при сравнительно небольших оценках параметров m, n : $N(5, 10) = 1001$, $N(10, 40) = 2054455634$.

Для расчета требуемого количества комбинаций (рандомизации) выполним следующие построения. Зададим приоритет (био- и экоцентризм) для субиндексов в виде порядковой (ординальной) информации. В нашем случае это: $w_1 = w_2 > w_3 = w_4$. Далее, определим желаемый шаг перебора чисел, например 0,005. После этого переберем все числа от 0 до 1 с шагом 0,005 для заданных приоритетов при равномерном их изменении в интервале от 0 до 1 и впишем все полученные комбинации весов построчно в таблицу. В нашем

примере ниже выбрано 49 вариантов. Дальнейшие построения и расчеты можно делать в Excel (табл. 2).

При этом в таблицу 2 в целях экономии места внесены не все рассчитанные значения q_i и w_i , полученные для ключевого района. В качестве ключевого объекта в нашем примере было выбрано озеро Суури (Большое Волковское) и район пос. Кузнечное в Северо-западном Приладожье. Административно водосбор данного озера относится к Севастьяновскому сельскому поселению Приозерского муниципального района Ленинградской области (рис. 2).

В таблице 3 приведены исходные данные, использованные в расчете ИПЭБ для данного района.

Из таблицы 2 можно выбрать средние значения всех весов и их среднего квадратичного отклонения (СКО) для всех субиндексов (точность задания веса). В последнем столбце приведены 49 значений ИПЭБ, соответствующие каждой комбинации, рассчитанной по формуле (3) с заданными приоритетами (точность полученной оценки для ИПЭБ). Найденны СКО для ИПЭБ. Для равновесного варианта задания субиндексов средний вес равен 0,250; СКО равно 0,212. Для варианта с $w_1 = w_2 > w_3 = w_4$ средний вес равен: $w_1 = w_2 = 0,375$; $w_3 = w_4 = 0,125$. СКО равно 0,071.

Таблица 2. Расчет интегрального показателя экологического благополучия для ключевого района (фрагмент)

Table 2. Calculation of the integrated indicator of environmental well-being for the key area (fragment)

№ п/п Sr.No.	q_1	w_1	q_2	w_2	q_3	w_3	q_4	w_4	Интегральный показатель экологического благополучия Integral indicator of environmental well-being
1	0,338	0,255	0,107	0,255	0,406	0,245	0,230	0,245	0,269
2	0,338	0,260	0,107	0,26	0,406	0,240	0,230	0,240	0,268
3	0,338	0,265	0,107	0,265	0,406	0,235	0,230	0,235	0,267
4	0,338	0,270	0,107	0,270	0,406	0,230	0,230	0,230	0,266
5	0,338	0,275	0,107	0,275	0,406	0,225	0,230	0,225	0,265
6	0,338	0,280	0,107	0,280	0,406	0,220	0,230	0,220	0,265
7	0,338	0,285	0,107	0,285	0,406	0,215	0,230	0,215	0,264
8	0,338	0,290	0,107	0,290	0,406	0,210	0,230	0,210	0,263
9	0,338	0,295	0,107	0,295	0,406	0,205	0,230	0,205	0,262
10	0,338	0,300	0,107	0,300	0,406	0,200	0,230	0,200	0,261
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
40	0,338	0,450	0,107	0,450	0,406	0,050	0,230	0,050	0,232
41	0,338	0,455	0,107	0,455	0,406	0,045	0,230	0,045	0,231
42	0,338	0,460	0,107	0,460	0,406	0,040	0,230	0,040	0,230
43	0,338	0,465	0,107	0,465	0,406	0,035	0,230	0,035	0,229
44	0,338	0,470	0,107	0,470	0,406	0,030	0,230	0,030	0,228
45	0,338	0,475	0,107	0,475	0,406	0,025	0,230	0,025	0,227
46	0,338	0,480	0,107	0,480	0,406	0,020	0,230	0,020	0,226
47	0,338	0,485	0,107	0,485	0,406	0,015	0,230	0,015	0,225
48	0,338	0,490	0,107	0,490	0,406	0,010	0,230	0,010	0,224
49	0,338	0,495	0,107	0,495	0,406	0,005	0,230	0,005	0,223
Среднее		0,375		0,375		0,125		0,125	0,246
Среднее квадратичное отклонение		0,0711		0,0711		0,0711		0,0711	0,014

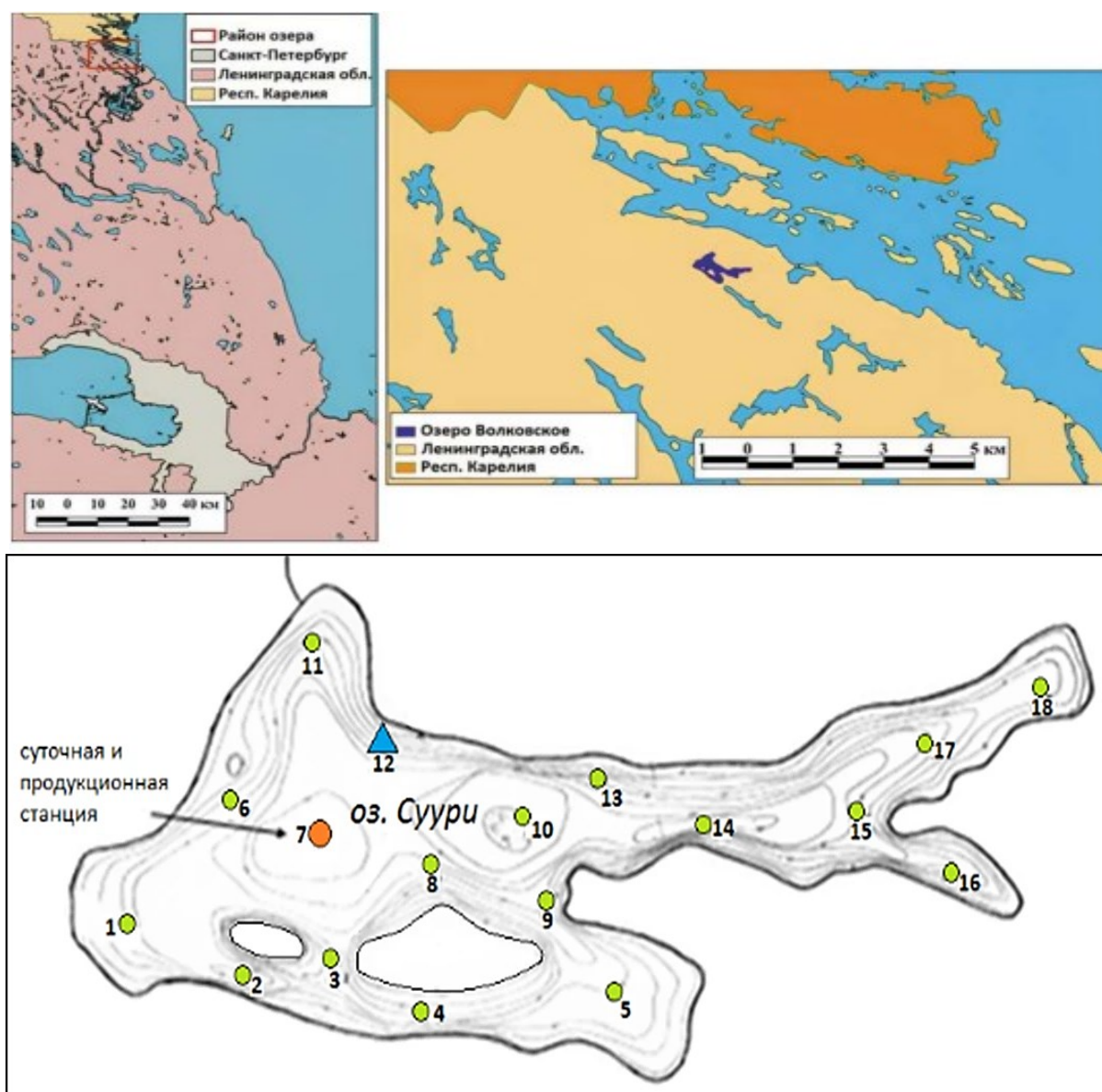


Рис. 2. Район проведения исследования

Fig. 2. Study area

Таблица 3. Исходные данные для интегральной оценки ключевого района № 1
 (Ленинградская область, пос. Кузнечное, оз. Суури)

Table 3. Initial data for the integrated assessment of Key Region No. 1
 (Leningrad Region, Kuznechnoye settlement, Lake Suuri)

Критерий Criterion	Значение Value	Источник Source
Интегральный показатель устойчивости	0,509 (IVл)	[20]
Интегральный показатель трофности	0,285 (IIл)	[21]
Интегральный показатель качества воды	0,238 (IIс)	[22]
Содержание свинца в почве, мг/кг воздуха в сухой почвы	5	[23]
Потенциальная способность почв к самоочищению при химическом загрязнении, баллы	20,4	[23]
Концентрация взвешенных частиц в атмосфере (PM2.5) разовая, мкг/м³	6	[32]
Концентрация оксида углерода в атмосфере разовая, мг/м³	1,5	[33]
Концентрация диоксида азота разовая, мг/м³	0	[32]

Плотность населения, чел/км ²	1,91	[27]
Валовый региональный продукт, млрд руб.	1915	[27]
Стоимость затрат на реализацию водоснабжения; водоотведения, организации сбора и утилизации отходов, деятельности по ликвидации загрязнений, млрд. руб	17	[27]
Доля сельскохозяйственных угодий в общей земельной площади водосбора, % от общей площади	4,031	[34]
Рекреационный потенциал береговой зоны, индекс уровня рекреационного развития, млн руб./чел*км ²	665,7	[27]
Степень загрязнения водосборной территории, баллы	2	Визуально определено авторами
Степень рекреационной привлекательности водоема, баллы	5	Визуально определено авторами
Индекс человеческого развития	0,845	[35]

В общем виде оценку средних значений весов и субиндексов, следуя, можно записать в виде формул (6) – (10).

В качестве оценки $\bar{w}_i(I)$ i -го весового коэффициента, учитывающей дополнительную информацию I , естественно взять среднее

$$\bar{w}_i(I) = \frac{1}{N(m, n; I)} \sum_{t=1}^{N(m, n; I)} w_i^{(t)} \quad (6)$$

всех допустимых значений $w_i^{(1)}, \dots, w_i^{(N(m, n; I))}$ этого весового коэффициента.

Точность полученной оценки $\bar{w}_i(I)$ i весового коэффициента каждого субиндекса можно записать величиной $s_i(I)$, определяемой средним

$$s_i^2(I) = \frac{1}{N(m, n; I)} \sum_{t=1}^{N(m, n; I)} [w_i^{(t)} - \bar{w}_i(I)]^2 \quad (7)$$

всех $N(m, n; I)$ возможных квадратов отклонений от этой оценки.

Поскольку вектор весовых коэффициентов определен с точностью до множества $W(m, n; I)$, постольку и интегральный показатель свойства j объекта, имеющего многокритериальную оценку свойства $q^{(j)} = (q_1^{(j)}, \dots, q_m^{(j)})$, определен с точностью до множества всех своих допустимых значений $Q^{(j)}(q^{(j)}) = Q(q^{(j)}; w^{(j)})$, $t = 1, \dots, N(m, n; I)$, где

$$Q^{(j)}(q^{(j)}) = Q(q^{(j)}; w^{(j)}) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m q_i^{(j)} w_i^{(j)} \quad (8)$$

В этом случае естественно взять в качестве оценки $\bar{Q}^{(j)}(I) = \bar{Q}(q^{(j)}; I)$ интегрального показателя свойства j объекта среднее

$$\bar{Q}^{(j)}(I) = \bar{Q}(q^{(j)}; I) = \bar{Q}(q^{(j)}, \bar{w}(I)) = \frac{1}{N(m, n; I)} \sum_{t=1}^{N(m, n; I)} Q^{(j)}(q^{(j)}) \quad (9)$$

всех $N(m, n; I)$ допустимых значений интегрального показателя ЭБ этого объекта.

Точность полученной интегральной оценки $\bar{Q}^{(j)}(I)$ экологического благополучия j объекта можно измерить величиной $S^{(j)}(I)$, определяемой по среднему

$$[S^{(j)}(I)]^2 = \frac{1}{N(m, n; I)} \sum_{t=1}^{N(m, n; I)} [Q^{(j)}(q^{(j)}) - \bar{Q}^{(j)}(I)]^2 \quad (10)$$

квадратов отклонений допустимых значений ИПЭБ j объекта от соответствующей сводной оценки.

В итоге авторами были получены оценочные шкалы ИПЭБ для равновесного и неравновесного вариантов учета приоритетов оценивания (табл. 4) с учетом точности оценки веса и величины интегральных показателей.

Таблица 4. Оценочные шкалы субиндексов и интегрального показателя экологического благополучия для двух вариантов учета приоритетов
Table 4. Evaluation scales of subindices and the integrated indicator of environmental well-being for two options for taking into account priorities

No. №	Критерий Criterion	Класс экологического благополучия Environmental well-being class				
		I (max)	II	III	IV	V (min)
1	ИПЭС	0-0,192	0,192-0,375	0,375-0,536	0,536-0,736	0,736-1,00
2	ИПЭБ1	0-0,143	0,143-0,283	0,283-0,492	0,492-0,701	0,701-1,00
3	ИПЭБ2	0-0,128	0,128-0,294	0,294-0,488	0,488-0,712	0,712-1,00
4	ИПЭБ3	0-0,181	0,181-0,372	0,372-0,565	0,565-0,781	0,781-1,00
5	ИПЭБ при равных весах для субиндексов	<u>0,0-0,161</u> $\Delta = 0,161$ ср. = 0,08	<u>0,161-0,331</u> $\Delta = 0,170$ ср. = 0,246	<u>0,331-0,520</u> $\Delta = 0,189$ ср. = 0,426	<u>0,520-0,732</u> $\Delta = 0,212$ ср. = 0,626	<u>0,732-1,00</u> $\Delta = 0,268$ ср. = 0,866
6	ИПЭС	0-0,192	0,192-0,375	0,375-0,536	0,536-0,736	0,736-1,00
7	ИПЭБ1	0-0,143	0,143-0,283	0,283-0,492	0,492-0,701	0,701-1,00
8	ИПЭБ2	0-0,128	0,128-0,294	0,294-0,488	0,488-0,712	0,712-1,00
9	ИПЭБ3	0-0,181	0,181-0,372	0,372-0,565	0,565-0,781	0,781-1,00
10	ИПЭБ при $p_1 = p_2 > p_3 = p_4$ для субиндексов	<u>0-0,176</u> $\Delta = 0,176$ ср. = 0,088	<u>0,176-0,330</u> $\Delta = 0,154$ ср. = 0,253	<u>0,330-0,517</u> $\Delta = 0,187$ ср. = 0,424	<u>0,517-0,726</u> $\Delta = 0,209$ ср. = 0,622	<u>0,726-1,00</u> $\Delta = 0,274$ ср. = 0,863

Рассмотрим результаты выполнения оценки по величинам ИПТ, ИПК, ИПУ для равновесного учета параметров внутри этих субиндексов. Получим ИПТ = 0,285(Пл); ИПК = 0,238(Пс) ИПУ = 0,509(IVл). На следующем уровне свертки оценка ИПЭС для равновесного варианта позволяет избавиться от неопределенности и отнести водоем по величине ИПЭС (0,344) к правой границе II класса.

Интегральный показатель ИПЭБ для данного района с учетом равных приоритетов определяется величиной ИПЭБ = 0,304, что по шкале № 5 таблицы 4 позволяет отнести район к правой границе второго класса (IIп). Интегральный показатель ИПЭБ для данного района с учетом неравных приоритетов определяется величиной $0,246 \pm 0,014$, что позволяет отнести ЭБ района по шкале № 10 таблицы 4 также к правой границе II класса, а с учетом СКО от $0,246 - 0,014 = 0,232$ (левая граница II класса) до $0,246 + 0,014 = 0,260$ (середина II класса). В целом влияние весов при заданном приоритете приводит к изменению ИПЭБ от Пл до Пс.

Заключение

В результате выполнения работ авторами обобщены исследования конца 2024 – середины 2025 г. по созданию моделей-классификаций интегративных свойств

сложной природной системы. Рассмотрен авторский опыт и перспективы построения интегральных показателей (композиционных индексов) для оценки ЭС и ЭБ сложных систем. Рассмотрены основные определения, этапы создания моделей-классификаций, субиндексы интегративных свойств, примеры и результаты интегральной оценки ЭС и ЭБ водоема и параметров качества жизни населения, проживающего на территории водосбора, учитываемых при оценке ЭБ. Выполнено сравнение равновесного учета субиндексов в сводной оценке и разных приоритетов их учета при преимуществе экологических условий среды и жизни населения над экономическими и социальными условиями. Рассмотрен пример, позволяющий учесть нечисловую информацию в задании веса учитываемых субиндексов. Приведены формулы, позволяющие оценить точность выполнения интегральной оценки и полученные результаты. Рассмотренная технология построения интегральных показателей может использоваться при планировании воздействия на водоем или учете воздействия ОПЯ или ОГЯ, которые оказывают влияние на продуктивность водоема, качество и токсическое загрязнение его воды, потенциальную устойчивость, а также параметры ка-

чества жизни населения. В результате на основе расчета субиндексов, ИПЭС, ИПЭБ можно получить ответ на вопрос, как изменится экологический статус водоема и экологическое благополучие территории в целом по совокупности оказанных (или планируемых) воздействий. В итоге будет

получен ответ на вопрос, сохранит ли система свой экологический статус, экологическое благополучие или перейдет в другой класс. При этом переход в другой класс может рассматриваться как недопустимый с точки зрения планирования воздействия на водоем.

Список источников

1. Останин И. Вице-премьер Дмитрий Патрушев: «Вопросы экологии не имеют ни границ, ни возраста, ни политических взглядов» // Комсомольская правда. 2025. № 45. С. 4-5.
2. Тишков А. А. Биосферные функции и экосистемные услуги ландшафтов степной зоны России // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16. № 1(41). С. 5-15. EDN: KZLMKB
3. Чернова О. А. Экосистемные услуги водных объектов в обеспечении устойчивого развития региона // Регионоведение. 2022. Т. 30. № 3(120). С. 586-601. DOI: 10.15507/2413-1407.120.030.202203.586-601. EDN: DLWCSY
4. Alary V, Messad S, Aboul-Naga A, Osman M, et al. Multi-Criteria assessment of the sustainability of farming systems in the reclaimed desert lands of Egypt. *Agricultural Systems*. 2020(183). DOI: 10.1016/j.agsy.2020.102863
5. Караваева Т. И., Тихонов В. П. Интегральная оценка состояния экосистем: обзор показателей для целей инженерно-экологических изысканий // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2022. № 5(42). С. 265-271. EDN: IGOGYK
6. Панютин Н. А., Дмитриев В. В. Интегральная оценка устойчивости системы "водоем+водосбор" // Геоэкология и рациональное недропользование: от науки к практике (Белгород, 10 октября 2024 г.). Белгород, 2024. С. 27-33. EDN: JBSCDD
7. Панютин Н. А., Дмитриев В. В. Моделирование экологического статуса водных объектов // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии: материалы VII Международной научной конференции, посвященной 90-летию кафедры географической экологии Белорусского государственного университета (Минск, 11-15 ноября 2024 г.). Минск, 2024. С. 155-159.
8. Осипова А. А., Дмитриев В. В. Интегральные оценки качества жизни населения и качества городской среды г. Санкт-Петербурга // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 3-1. С. 96-102. EDN: RVGFJV
9. Пряхина Г. В., Дмитриев В. В., Четверова А. А., Осипова Т. Н., Огурцов А. Н., Акилов Е. В. Оценка прорывоопасности озер антарктических оазисов с использованием композитных индексов на основе территориальных детерминант // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Т. 28. № 2. С. 552-566. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-552-566. EDN: LPJVKF

References

1. Ostanin I. Deputy Prime Minister Dmitry Patrushev: "Ecological issues have no boundaries, no age, no political views". *Komsomolskaya Pravda*. 2025(45):4-5. (In Russ)
2. Tishkov AA. Biosphere functions and ecosystem services of landscapes within the steppe zone of Russia. *Aridnye Ekosistemy*. 2010;16(1(41)):5-15. (In Russ). EDN: KZLMKB
3. Chernova OA. Ecosystem services of water bodies in ensuring sustainable development of the region. *Russian Journal of Regional Studies*. 2022;30(3(120)):586-601. (In Russ). DOI: 10.15507/2413-1407.120.030.202203.586-601. EDN: DLWCSY
4. Alary V, Messad S, Aboul-Naga A, Osman M, et al. Multi-Criteria assessment of the sustainability of farming systems in the reclaimed desert lands of Egypt. *Agricultural Systems*. 2020(183). DOI: 10.1016/j.agsy.2020.102863
5. Karavaeva TI, Tihonov VP. Integrated assessment of the state of ecosystems: a review of indicators for engineering and environmental surveys. *Geologiya i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala*. 2022(5(42)):265-271. (In Russ). EDN: IGOGYK
6. Panyutin NA, Dmitriev VV. Integral assessment of the stability of the "reservoir + watershed" system. *Geoecology and Rational Use of Subsoil: From Science to Practice (Belgorod, October 10, 2024)*. Belgorod, 2024:27-33. (In Russ). EDN: JBSCDD
7. Panyutin NA, Dmitriev VV. Modeling the ecological status of water bodies. *Current Problems of Landscape Science and Geoecology: Proceedings of the 7th International Scientific Conference dedicated to the 90th Anniversary of the Department of Geographic Ecology of the Belarusian State University (Minsk, November 11-15, 2024)*. Minsk. 2024:155-159. (In Russ)
8. Osipova AA, Dmitriev VV. The integrated estimates of quality of life the population and quality urban environment of St. Petersburg. *Mezhdunarodnyi Zhurnal Eksperimentalnogo Obrazovaniia*. 2014(3-1):96-102. (In Russ). EDN: RVGFJV
9. Pryakhina GV, Dmitriev VV, Chetverova AA, Osipova TN. Assessment of the explosion hazard of the Antarctic oasis lake using a composite index based on territorial determinants. *Intercarto. InterGIS*. 2022;28(2):552-566. (In Russ). DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-552-566. EDN: LPJVKF

10. Амаро Медина Д. Р., Дмитриев В. В. Интегральная оценка экологического благополучия речных систем // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2019. Т. 64. № 2. С. 162-184. DOI: 10.21638/spbu07.2019.201. EDN: OEPVGW
11. Одум Ю. Основы экологии / пер. Н. Наумова. М.: Мир, 1975. 740 с.
12. Brousmiche D, Occellia F, Genin M, Cuny D, et al. Spatialized composite indices to evaluate environmental health inequalities: Meeting the challenge of selecting relevant variables. *Ecological Indicators*. 2020(111.106023). DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.106023
13. Londoño A, Cerón J. Evaluation of sustainable development in the sub-regions of Antioquia (Colombia) using multi-criteria composite indices: a tool for prioritizing public investment at the subnational level. *Environmental Development*. 2019(32). DOI: 10.1016/j.envdev.2019.05.001
14. Дмитриев В. В. Оценка состояния и устойчивости наземных и водных геосистем. СПб.: Медианапир, 2020. 200 с.
15. Александрова Л. В., Васильев В. Ю., Дмитриев В. В., Мякишева Н. В., Огурцов А. Н., Третьяков В. Ю., Хованов Н. В. Многокритериальные географо-экологические оценки состояния и устойчивости природных и урбанизированных систем. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет, 2000. 275 с. (Депонировано в ВИНТИ № 2342-B00).
16. Дмитриев В. В., Огурцов А. Н., Седова С. А., Алексеева А. А., Байжанова К. К., Грига С. А., Кислина А. Е. Интегральная оценка устойчивости наземных ландшафтов: от балльных оценок к композитным индексам на основе территориальных детерминант // Успехи современного естествознания. 2020. № 2. С. 45-53. DOI: 10.17513/use.37330. EDN: CNYMPO
17. O'Brien A, Townsend K, Hale R, Sharley D, et al. How is ecosystem health defined and measured? A critical review of freshwater and estuarine studies. *Ecological Indicators*. 2016;69:722-729.
18. Zhang H, Xiao Y, Deng Y. Island ecosystem evaluation and sustainable development strategies: a case study of the Zhoushan Archipelago. *Global Ecology and Conservation*. 2021(28(3-4):e01603. DOI: 10.1016/j.gecco.2021.e01603
19. Zhao Z, Wei F, Wu H, Yang M, et al. A framework to comprehensively assess lake health from a perspective of ecosystem integrity and services. *Ecological Indicators*. 2025;171.113169.
20. Овсепян А. А., Панютин Н. А., Дмитриев В. В. Потенциальная устойчивость водоема: от балльно-индексных оценок к интегральной оценке на основе композитных индексов // Международный студенческий вестник. 2024. № 1. С. 45. DOI: 10.17513/msnv.21434
21. Почепко С. Ю., Каспин М. О., Дмитриев В. В. LPJVKF
10. Amaro Medina DR, Dmitriev VV. Approaches to assessment and GIS-mapping of sustainability and environmental well-being of geosystems. Integral assessment of ecological status of fluvial systems. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*. 2019;64(2):162-184. (In Russ). DOI: 10.21638/spbu07.2019.201. EDN: OEPVGW
11. Odum Yu. Fundamentals of ecology. Trans. By N. Naumov. Moscow: Mir, 1975:740. (In Russ)
12. Brousmiche D, Occellia F, Genin M, Cuny D, et al. Spatialized composite indices to evaluate environmental health inequalities: Meeting the challenge of selecting relevant variables. *Ecological Indicators*. 2020(111.106023). DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.106023
13. Londoño A, Cerón J. Evaluation of sustainable development in the sub-regions of Antioquia (Colombia) using multi-criteria composite indices: a tool for prioritizing public investment at the subnational level. *Environmental Development*. 2019(32). DOI: 10.1016/j.envdev.2019.05.001
14. Dmitriev VV. Assessment of the state and stability of land and water geosystems. St. Petersburg: Mediapapir, 2020:200. (In Russ)
15. Aleksandrova LV, Vasiliev VYu, Dmitriev VV, Myakisheva NV, et al. Multicriteria geographical and environmental assessments of the state and stability of natural and urban systems. St. Petersburg: St. Petersburg State University, 2000:275. (Deposited in VINITI No. 2342-B00). (In Russ)
16. Dmitriev VV, Ogurtsov AN, Sedova SA, Alekseeva AA, et al. Integral assessment of the stability of ground landscapes: from score assessments to composite indices based on territorial determinants. *Uspekhi Sovremennogo Estestvoznaniya*. 2020(2):45-53. (In Russ). DOI: 10.17513/use.37330. EDN: CNYMPO
17. O'Brien A, Townsend K, Hale R, Sharley D, et al. How is ecosystem health defined and measured? A critical review of freshwater and estuarine studies. *Ecological Indicators*. 2016;69:722-729.
18. Zhang H, Xiao Y, Deng Y. Island ecosystem evaluation and sustainable development strategies: a case study of the Zhoushan Archipelago. *Global Ecology and Conservation*. 2021(28(3-4):e01603. DOI: 10.1016/j.gecco.2021.e01603
19. Zhao Z, Wei F, Wu H, Yang M, et al. A framework to comprehensively assess lake health from a perspective of ecosystem integrity and services. *Ecological Indicators*. 2025;171.113169.
20. Ovsepyan AA, Panyutin NA, Dmitriev V.V. Potential stability of a reservoir: from point-index assessments to an integral assessment based on composite indices. *Mezhdunarodnyi Studencheskii Vestnik*. 2024(1):45. (In Russ). DOI: 10.17513/msnv.21434
21. Pochepko SYu, Kaspin MO, Dmitriev VV. Assessment of the influence of factors on environmen-

В. В. Оценка влияния факторов на экологические функции и продукционно-деструкционные отношения в водной экосистеме // Международный студенческий вестник. 2024. № 1. С. 46. DOI: 10.17513/msnv.21435

22. Зырянова Д. С., Немчинова А. В., Дмитриев В. В. Пространственно-временная изменчивость химического и биологического состава и физических свойств водной экосистемы малого озера в северо-западном Приладожье // Международный студенческий вестник. 2024. № 1. С. 44. DOI: 10.17513/msnv.21433

23. Национальный атлас России. URL: <https://nationalatlas.ru> (дата обращения: 28.06.2025).

24. Руководящий документ. Массовая концентрация взвешенных частиц PM10 и PM2.5 в атмосферном воздухе. Методика измерений гравиметрическим методом. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133379> (дата обращения: 28.06.2025).

25. Руководящий документ. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200036406> (дата обращения: 28.06.2025).

26. Документ нормативный. Методика выполнения измерений массовой концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе газоанализатором ГАНК-4) МВИ-4215-002-56591409-2009 ФР.1.31.2009.06144. Официальное издание методики с подтверждением оригинальности Разработчиком. URL: <https://etpgpb.ru/portal/catalog/products/208229> O-dokument-normativnyy-metodika-vypolneniya-izmereniy-massovoy-kontse (дата обращения: 28.06.2025).

27. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://78.rosstat.gov.ru> (дата обращения: 28.06.2025).

28. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110162> (дата обращения: 28.06.2025)

29. Зиганшин И. И., Иванов Д. В., Осмелкин Е. В., Суин М. В., Карпеева А. А. Оценка рекреационной привлекательности и возможности использования для целей туризма и рекреации озер республики Татарстан // Георесурсы. 2011. № 5(41). С. 35-40. EDN: OMUFRV

30. Explore the World Population Through Data. URL: <https://worldpopulationreview.com> (дата обращения: 28.06.2025).

31. Хованов Н. В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1996. 195 с.

32. Яндекс.Погода. Прогноз загрязнения воздуха. URL: <https://yandex.ru/pogoda/ru/kuznechnoye-urban-settlement/pollution> (дата обращения:

tal functions and production-destruction relationships in the aquatic ecosystem. *Mezhdunarodnyi Studencheskii Vestnik*. 2024(1):46. (In Russ). DOI: 10.17513/msnv.21435

22. Zyryanova DS, Nemchinova AV, Dmitriev VV. Spatiotemporal variability of the chemical and biological composition and physical properties of the aquatic ecosystem of a small lake in the northwestern Ladoga region. *Mezhdunarodnyi Studencheskii Vestnik*. 2024(1):44. (In Russ). DOI: 10.17513/msnv.21433

23. National Atlas of Russia. URL: <https://nationalatlas.ru> (accessed 28.06.2025). (In Russ)

24. Guidance document. Mass concentration of suspended particles PM10 and PM2.5 in atmospheric air. Measurement technique using the gravimetric method. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133379> (accessed 28.06.2025). (In Russ)

25. Guidance document. Air Pollution Control Guide. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200036406> (accessed 28.06.2025). (In Russ)

26. Regulatory document. Methodology for measuring the mass concentration of harmful substances in the atmospheric air with a gas analyzer GANK-4) MVI-4215-002-56591409-2009 FR.1.31.2009.06144. Official publication of the methodology with confirmation of originality by the Developer. URL: <https://etpgpb.ru/portal/catalog/products/208229> O-dokument-normativnyy-metodika-vypolneniya-izmereniy-massovoy-kontse (accessed 28.06.2025). (In Russ)

27. Federal State Statistics Service. URL: <https://78.rosstat.gov.ru> (accessed 28.06.2025). (In Russ)

28. All-Russian classifier of types of economic activity. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110162> (accessed 28.06.2025). (In Russ)

29. Ziganshin II, Ivanov DV, Osmelkin EV, Suin MV, et al. Estimation of recreational appeal and possibility of use for tourism and a recreation of lakes of Republic Tatarstan. *Georesursy*. 2011(5(41):35-40. (In Russ). EDN: OMUFRV

30. Explore the World Population Through Data. URL: <https://worldpopulationreview.com> (accessed 28.06.2025).

31. Khovanov NV. Analysis and synthesis of indicators for information deficiency. St. Petersburg: St. Petersburg State University Publishing House, 1996:195. (In Russ)

32. Yandex.Weather. Air pollution forecast. URL: <https://yandex.ru/pogoda/ru/kuznechnoye-urban-settlement/pollution> (accessed 28.06.2025). (In Russ)

28.06.2025).

33. Об экологической ситуации в Ленинградской области в 2019 году. URL: <https://clck.su/VGEKa> (дата обращения: 28.06.2025).

34. Приозерский муниципальный район Ленинградской области. URL: <https://admpriozersk.ru/selhoz> (дата обращения: 28.06.2025).

35. Аналитическая записка. Индекс человеческого развития в России: региональные различия. Декабрь 2021. URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/analitika/2022/_2021_long.pdf (дата обращения: 28.06.2025).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Панютин Николай Алексеевич, аспирант кафедры гидрологии суши, институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, nic9898@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-1876-3114>

Дмитриев Василий Васильевич, доктор географических наук, профессор кафедры гидрологии суши, институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, v.dmitriev@spbu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3849-1186>

Манвелова Александра Борисовна, научный сотрудник, Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия, abmanvelova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0628-7033>

Критерии авторства

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.03.2026
Одобрена после рецензирования 17.03.2026
Принята к публикации 25.03.2026

33. About the environmental situation in the Leningrad region in 2019. URL: <https://clck.su/VGEKa> (accessed 28.06.2025). (In Russ)

34. Priozersky municipal district of the Leningrad region. URL: <https://admpriozersk.ru/selhoz> (accessed 28.06.2025). (In Russ)

35. Analytical note. Human development index in Russia: Regional differences. December 2021. URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/analitika/2022/_2021_long.pdf (accessed 28.06.2025). (In Russ)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Nikolay A. Panyutin, Ph.D. student, Department of Land Hydrology, Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, nic9898@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-1876-3114>

Vasily V. Dmitriev, Doctor of Science (Geography), Professor, Department of Land Hydrology, Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, v.dmitriev@spbu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3849-1186>

Alexandra B. Manvelova, Researcher, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia, abmanvelova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0628-7033>

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 01.03.2026
Approved after reviewing 17.03.2026
Accepted for publication 25.03.2026

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 91+551.466.3
DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-105-116
EDN: VFXAIS

Evaluation of Wave Energy Potential in the Absheron Coastal Zone of the Caspian Sea

©2026 Vusala M. Rasulzadeh ✉

Institute of Geography,
Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan
Baku, Azerbaijan, resulzade323@gmail.com ✉

ABSTRACT. The main **aim** of the research is to determine the long-term characteristics of the wave regime in the Mardakan and Pirallahi areas of the Absheron coastal zone, as well as to assess the total potential of wave power and energy. **Methods.** Long-term data on wave height and period were taken from the ERA5 international reanalysis database and processed at hourly intervals. Based on the collected data, wave power and wave energy were calculated using appropriate formulas and graphs were constructed showing their change characteristics over years, months and days. **Results.** The results of the research show that the wave power on the Absheron coast can reach a maximum of 3000 W/m in Mardakan during the year, and 4500 W/m in Pirallahi. The waves are mainly directed to the north and are observed more often in the colder periods of the year. As a result of comparing the results obtained from satellite data with contact observation data, it became clear that the values obtained in both databases support each other and demonstrate high consistency. **Conclusion.** Calculations show that the waves recorded in the study area are the strongest waves observed not only for the Azerbaijani coast, but also in the entire Caspian Sea. The potential for wave energy along the coast is significant and there are favorable conditions for energy production.

Keywords: wave power, wave energy, alternative energy, Caspian Sea, ERA5.

For citation: Rasulzade VM. Evaluation of Wave Energy Potential in the Absheron Coastal Zone of the Caspian Sea. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2026;20(1):105-116. DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-105-116. EDN: VFXAIS

Исследование потенциала энергии волн в прибрежной зоне Азербайджанского сектора Каспийского моря

©2026 Расулзаде В. М. ✉

Институт географии
Министерства науки и образования Азербайджанской Республики
Баку, Азербайджан, resulzade323@gmail.com ✉

РЕЗЮМЕ. Основная **цель** исследования – определить долгосрочные характеристики волнового режима в районах Мардакан и Пираллахи прибрежной зоны Апшерона, а также оценить общий потенциал волновой энергии. **Методы.** Долгосрочные данные о высоте и периоде волн были взяты из международной базы данных реанализа ERA5 и обработаны с часовыми интервалами. На основе собранных данных мощность и энергия волн были рассчитаны с использованием соответствующих формул, были построены графики, показывающие характеристики их изменения в течение лет,

месяцев и дней. **Результаты.** Результаты исследования показывают, что мощность волн на побережье Апшерона может достигать максимума в 3000 Вт/м в Мардакане в течение года и 4500 Вт/м в Пиралахи. Волны в основном направлены на север и наблюдаются чаще в более холодные периоды года. При сравнении результатов, полученных по спутниковым данным, с данными контактных наблюдений стало ясно, что значения, полученные в обеих базах данных, подтверждают друг друга и демонстрируют высокую согласованность. **Заключение.** Расчеты показывают, что потенциал волновой энергии, зафиксированный в исследуемой области, весьма велик и существуют благоприятные условия для ее генерации.

Ключевые слова: мощность волн, энергия волн, альтернативная энергетика, Каспийское море, ERA5.

Формат цитирования: Расулзаде В. М. Исследование потенциала энергии волн в прибрежной зоне Азербайджанского сектора Каспийского моря // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2026. Т. 20. № 1. С. 105-116. DOI: 10.31161/1995-0675-2026-20-1-105-116. EDN: VFXAIS

Introduction

Since the middle of the 20th century, due to the emergence of global problems such as energy and environmental problems, interest in the use of alternative and renewable energy sources (ARES) has increased worldwide. According to forecasts, oil reserves in the world will be depleted in 80 years, gas reserves in 100 years and coal reserves in 350-400 years. For this reason, in many countries, great importance is attached to conducting scientific research in the field of alternative and renewable energy use and creating modern energy facilities [1]. Wave energy is not only more predictable than wind or solar energy but it has also a higher density allowing extraction of more energy in smaller areas [2].

One of the most important issues in the world today is to provide energy without negatively impacting the environment. Traditional energy production methods such as fossil fuels are not clean and their use will decrease over time. Therefore, renewable energy resources are widely considered for this purpose [3].

Research materials and methods

The research analyzed wave parameters in the Absheron coastal zone of the Caspian Sea, where the strongest waves are observed – Mardakan and Pirallahi areas. Data on wave height (H) and wave period (T) were obtained from the Copernicus Climate Data Store (CDS) platform covering [4] the years 2001-2024 and the ERA5 reanalysis database. The

data cover a 1-hour time interval and a spatial resolution of 0.5°. Based on the obtained data, wave power and wave energy were calculated using appropriate formulas, and graphs were also drawn up reflecting the dynamics of annual, monthly and daily changes.

Results and discussion

The movement of water particles on the sea surface out of equilibrium and around it as a result of the influence of any external force is called a wave. The main kinematic parameters of a wave are the wave period (T), the wave phase velocity (c); and its main geometric elements are the wave length (λ), the wave height (H), etc. [5].

The coastal zone of the Absheron Peninsula is one of the most active zones of Azerbaijani sector, and even of the Caspian Sea, in terms of wind waves. North-west (Khazri) and westerly winds are the main sources of wave generation [6; 7]. The highest wave heights for the Caspian Sea are observed in the waters adjacent to the Absheron Peninsula and in the autumn-winter seasons [8].

In 2001-2024, both wave height and wave period indicators were higher in Pirallahi compared to Mardakan. Analysis by years shows that wave height in both locations went through stages of increase in 2012-2016, 2017-2022 (fig. 1). The wave period also exhibits a similar variation in the same years, which indicates the dependence of wave energy on wind intensity.

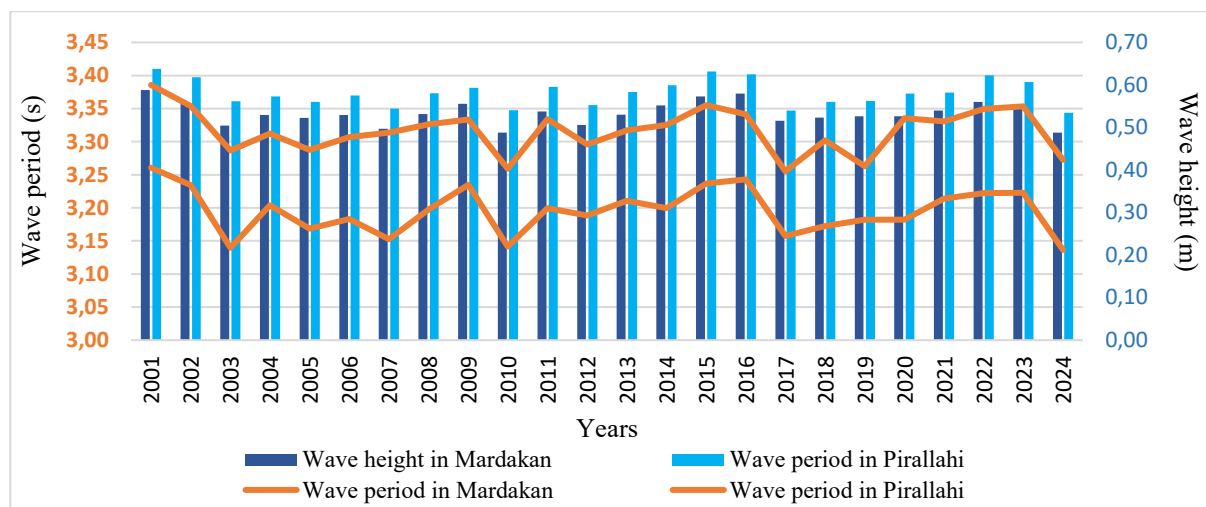


Fig. 1. Change in significant wave height and mean wave period at the survey points during 2001-2024

Рис. 1. Изменение значительной высоты волны и среднего периода волны в точках наблюдения в течение 2001-2024 гг.

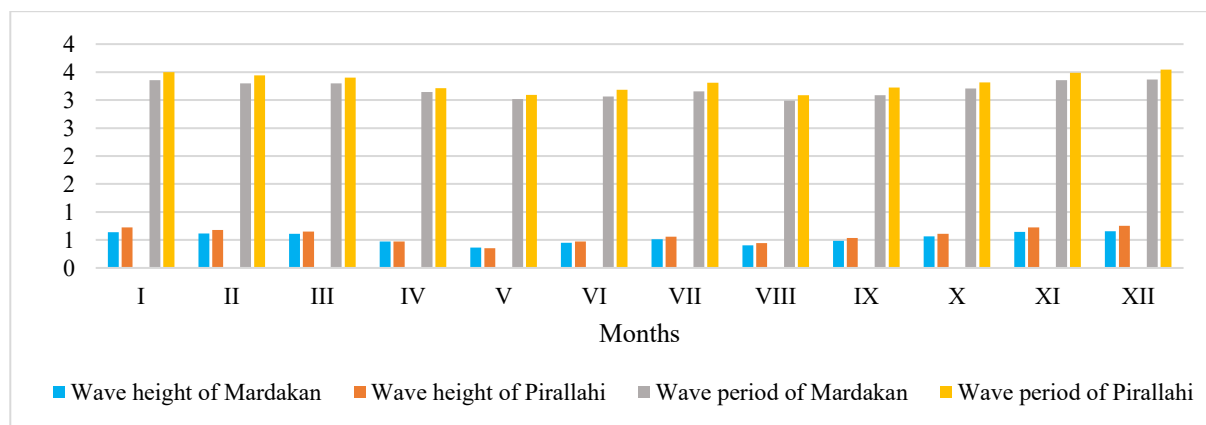


Fig. 2. Monthly changes in significant wave height and mean wave period during the period under review in the study areas

Рис. 2. Месячные изменения значительной высоты волны и среднего периода волны за рассматриваемый период в исследуемых районах

At the observed points, wave height reaches its maximum in the winter months (especially in December and January), and its minimum in the spring-summer months. The wave period also has a similar distribution – wave periods are longer in autumn and winter. The maximum value for both wave height and period was observed in the winter months at both points, and the minimum value was observed in May and August, respectively (fig. 2).

The analyses show that the bulk of the waves in Mardakan and Pirallahi fall within the 0-0.5 m interval (57 % and 55 %, respectively). The share of waves with a

height of 0.5-1 m is 25-30 %, while waves above 1 m are less than 10 % in both areas. Waves larger than 2 m are almost never recorded (fig. 3a). In general, the distribution of wave heights is similar, but waves with relatively smaller amplitudes prevail in Mardakan. Figure 3b shows that the bulk of the wave periods are concentrated in the 2.5-3 s interval: in Mardakan the share reaches 40 %, and in Pirallahi it reaches 30 %. This indicates that the waves are mainly formed by short-period and local wind effects. In the 3.5-5 s range, the share drops below 10 %, and periods larger than 5 s are extremely rare.

The seasonal distribution of wave height and wave period in Mardakan and Pirallahi for 2001-2024 reflects the seasonal hydrometeorological characteristics of the region. For both areas, these indicators are maximum in winter and minimum in summer (fig. 4a, b). The increase in the average wave height to 0.6-0.7 m in winter is associated with strong winds and waves entering from the open waters of the Caspian Sea. In the spring and autumn seasons wave conditions are more stable, but in autumn, due to the variability of wind directions, a short-term increase in the wave period is observed.

The dominant wave directions for both locations are North (N) and North-Northeast,

indicating the influence of waves coming from the central Caspian Sea (fig. 5).

In the Mardakan coastal zone wave height was higher in winter and autumn than in other seasons. In winter, wave height increased to 0.65 meters, reaching maximum values mainly in the morning and night hours. In spring and summer, the height was lower (approximately 0.42-0.53 m) (fig. 6a). Although the wave period during the day remained constant in autumn and winter, it decreased to a minimum in summer. This is due to the decrease in wind speed during the day and the relative calmness of the sea surface (fig. 6b).

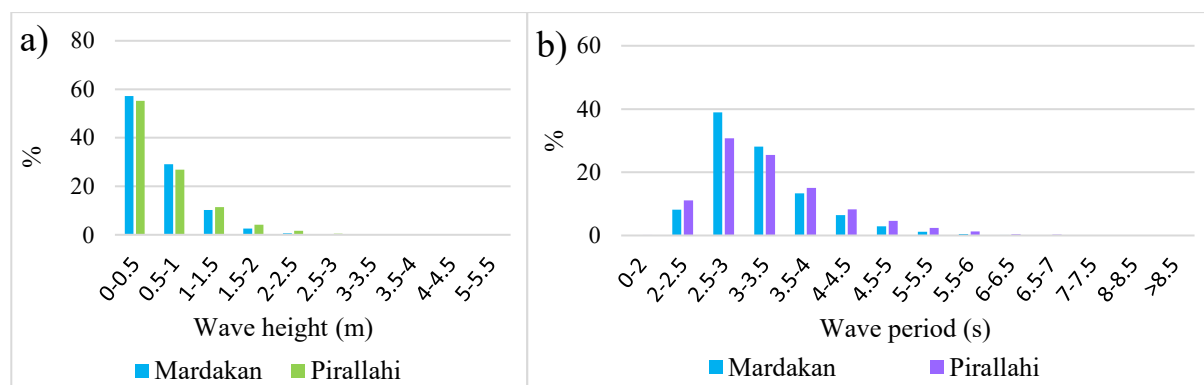


Fig. 3. Distribution of wave height (a) and wave period (b) by gradation in Mardakan and Pirallahi

Рис. 3. Распределение высоты (а) и периода волны (б) по градациям в Мардакане и Пираллахи

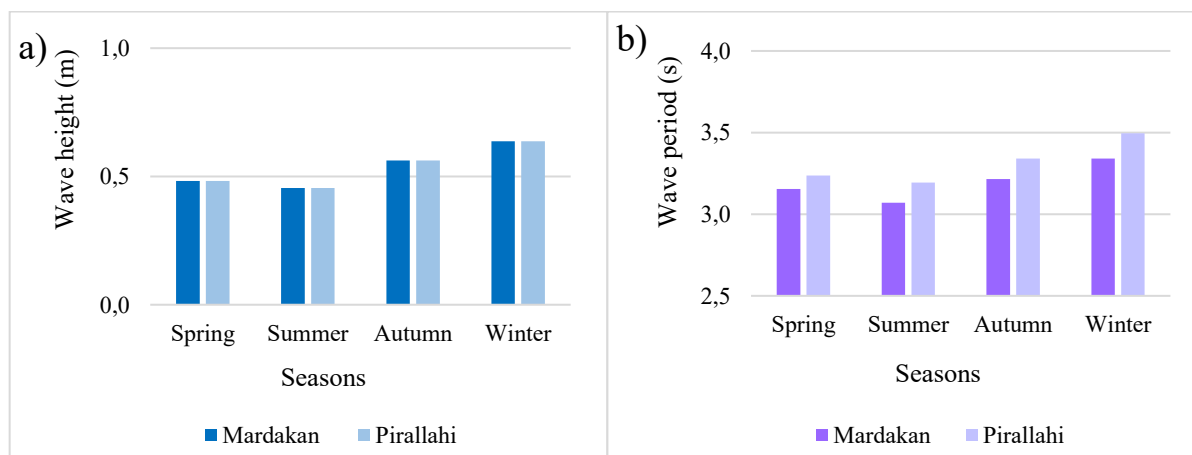


Fig. 4. Seasonal changes in significant wave height (a), mean wave period (b) in the Mardakan and Pirallahi coastal zones during 2001-2024

Рис. 4. Сезонные изменения значительной высоты (а) и среднего периода волны (б) в прибрежных зонах Мардакана и Пираллахи за 2001-2024 гг.

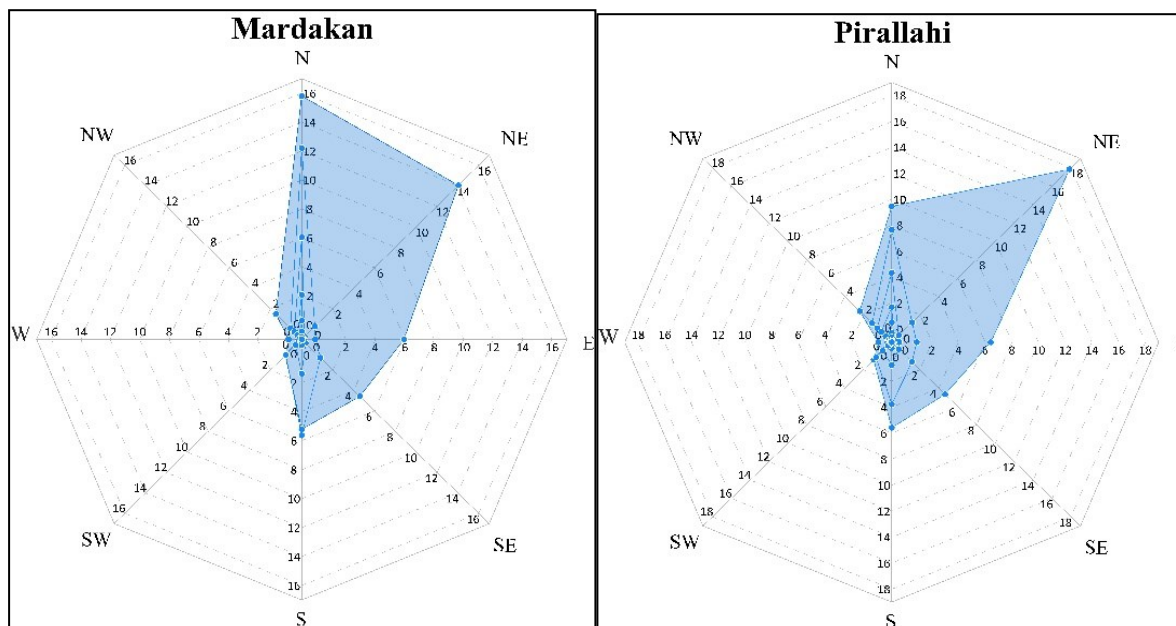


Fig. 5. Prevailing wave direction in the coastal zone of Mardakan and Pirallahi

Рис. 5. Преобладающее направление волн в прибрежной зоне Мардакана и Пираллахи

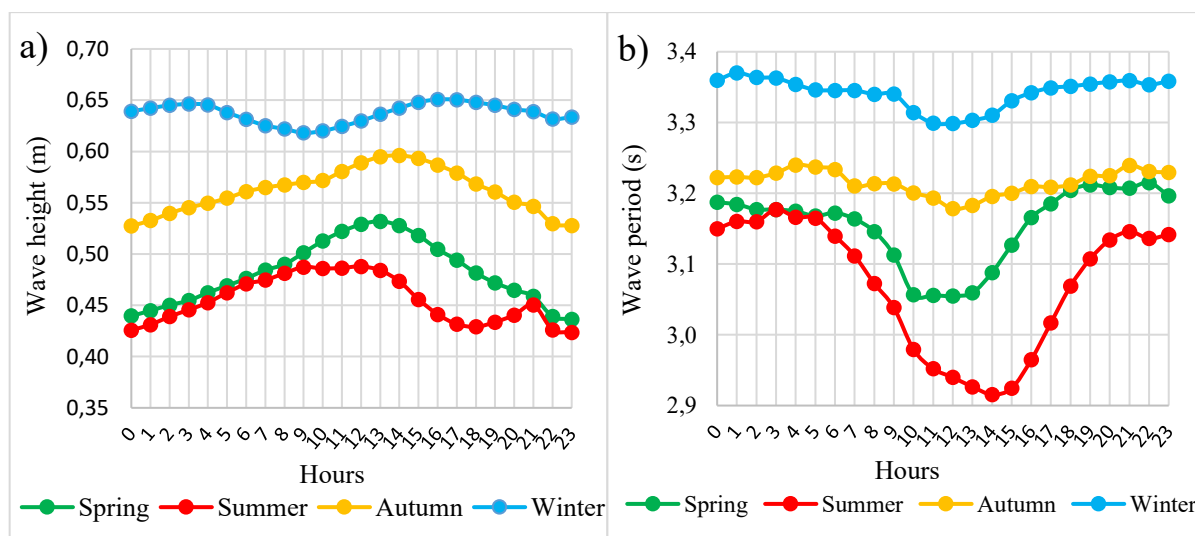


Fig. 6. Hourly variation of significant wave height (a) and mean wave period (b) by season during the observation period in Mardakan

Рис. 6. Почасовое изменение значительной высоты (а) и среднего периода волны (б) по сезонам за период наблюдений в Мардакане

In the Pirallahi coastal zone wave height has a larger amplitude and generally takes higher values compared to Mardakan. In winter, the average wave height increases to 0.75 meters, and in autumn it is in the range of 0.60-0.65 m. In summer and spring, waves are relatively weak, but a slight increase is

observed in the evening hours of the day (fig. 7a). The wave period also differs by season: in winter it is 3.5-3.6 seconds, and in summer it is about 3-3.3 seconds. The change in the period during the day corresponds to the diurnal rhythm of wind direction and intensity (fig. 7b).

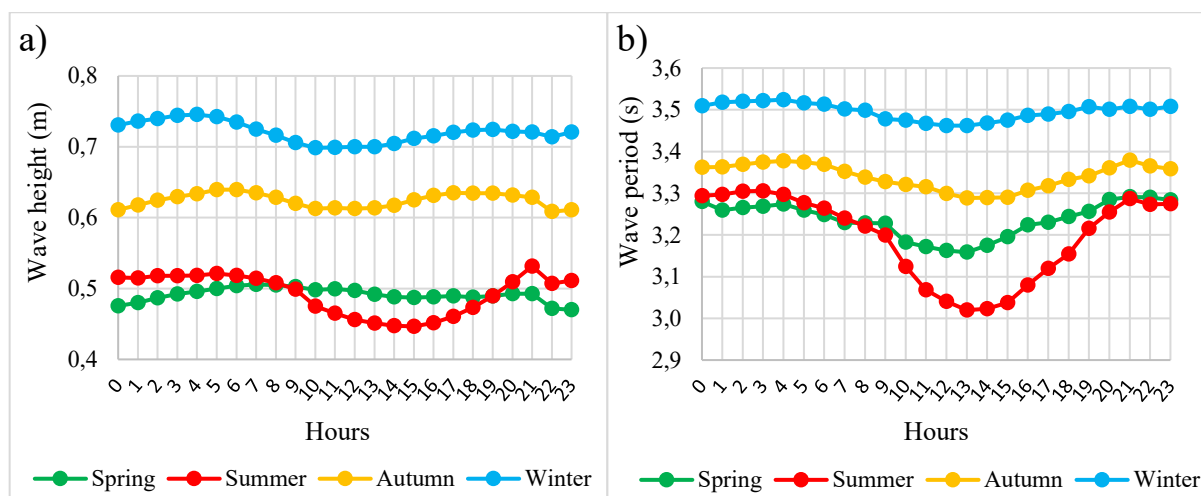


Fig. 7. Hourly variation of significant wave height (a) and mean wave period (b) by season during the observation period in Pirallahi

Рис. 7. Почасовое изменение значительной высоты (а) и среднего периода волны (б) по сезонам за период наблюдений в Пираллахи

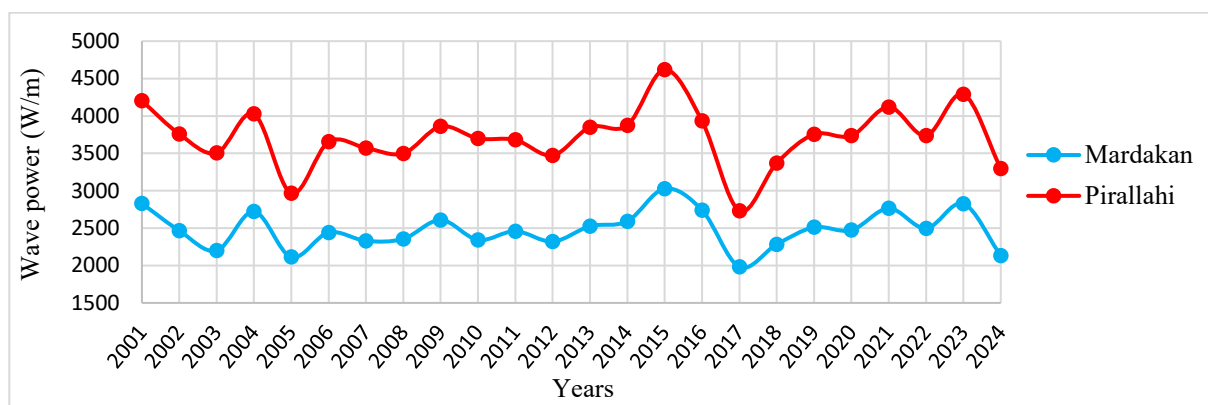


Fig. 8. Annual trend of wave power change in Pirallahi and Mardakan for 2001-2024

Рис. 8. Годовой тренд изменения мощности волн в Пираллахи и Мардакане за 2001-2024 гг.

Wave power. The wave power P , i.e. the energy flux, is usually defined as the average power per meter of wave front length and is expressed in W/m. This given value means the average energy passing from the surface to the seabed per second under one meter of wave front. Wave power P (W/m) is calculated based on the following formula [9].

$$P = \frac{\rho g^2 T H^2}{32\pi} \quad (1)$$

Here, ρ (kg/m³) is the density of seawater, $g = 9.81$ (m/sec²) is the acceleration of free fall, T (sec) is the wave period, H (m) is the wave height, $p = 3.14$. Although the value of ρ is 1030 kg/m³ for ocean water, it is taken as 1000-1025 kg/m³ for seawater. Since the density of seawater varies depending on depth, salinity, etc., it is difficult to give an accurate estimate. In our calculations, the average water density for the Caspian Sea was taken as 1020 kg/m³.

The annual variation of wave power around Mardakan and Pirallahi is shaped by wind fluctuations coming from the open Caspian Sea and characterizes the region's year-round energy potential. The multiannual distribution shows that the wave power in Pirallahi is higher than in Mardakan (fig. 8). The maximum value in Pirallahi was 4618 W/m in 2015, and a sharp decrease was recorded in the following two years. After 2017 an increasing trend is observed. In Mardakan the highest wave power was again recorded in 2015 and amounted to 3028 W/m.

Wave power on the Absheron coast is higher in the colder months of the year. More specifically, the maximum value in Pirallahi was observed in December with 5755 W/m, and in Mardakan with 3676 W/m in November. The minimum values in Pirallahi were 1532 W/m and in Mardakan with 1128 W/m, both recorded in May (fig. 9).

Comparison of wave power by seasons characterizes the seasonal structure of hydrometeorological conditions in Mardakan and Pirallahi and the distribution of wave energy potential in the warm and cold periods of the year. The maximum values of wave power at both points are observed in the

winter season (5388 W/m in Pirallahi, 3498 W/m in Mardakan). Spring and autumn are transitional seasons and the values are at an average level. The minimum again falls on the summer season – 2438 W/m in Pirallahi, 1620 W/m in Mardakan (fig. 10).

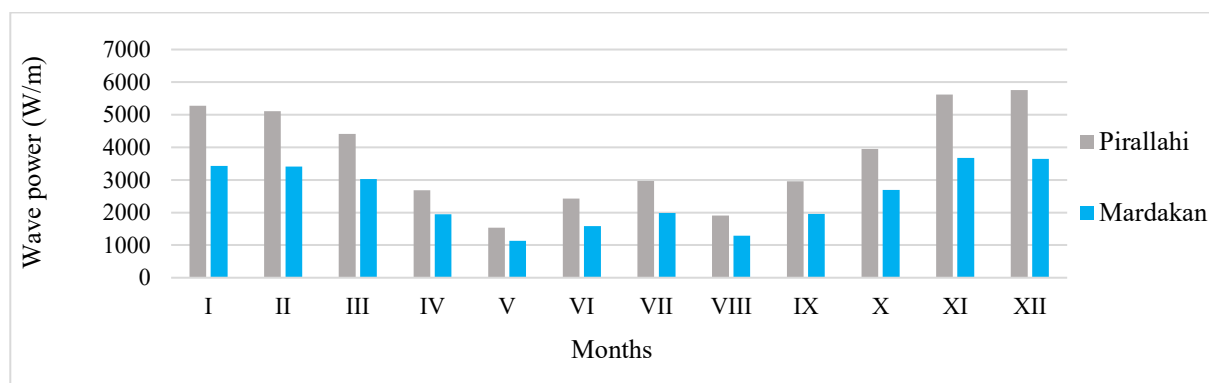


Fig. 9. Monthly change in wave power in Pirallahi and Mardakan for 2001-2024

Рис. 9. Месячное изменение мощности волны в Пираллахи и Мардакане за 2001-2024 гг.

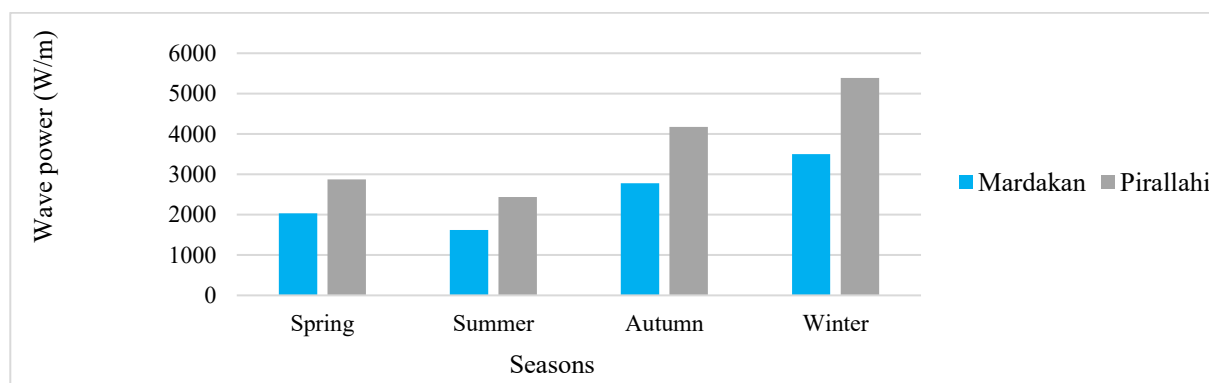


Fig. 10. Seasonal trend of wave power change at the study points for 2001-2024

Рис. 10. Сезонный тренд изменения мощности волн в точках исследования за 2001-2024 гг.

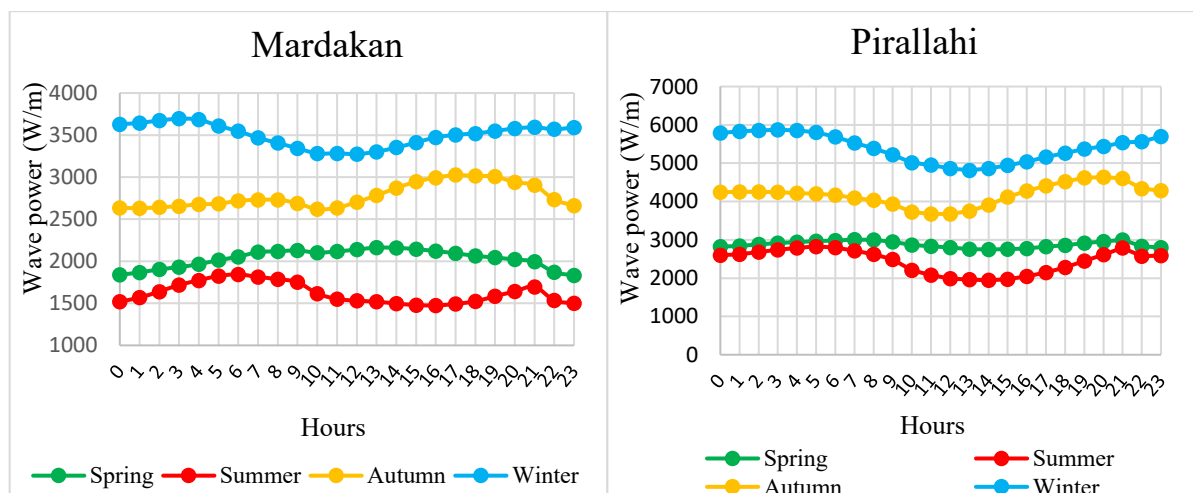


Fig. 11. Hourly variation of wave power by season in Pirallahi and Mardakan during the period under review

Рис. 11. Почасовые сезонные колебания мощности волн в Пираллахи и Мардакане за рассматриваемый период

Table 1. Distribution of wave energy potential in Mardakan and Pirallahi by year (kW·hour/m)

Таблица 1. Распределение энергетического потенциала волн
 в Мардакане и Пираллахи по годам (кВт·ч/м)

Years Года	Mardakan Мардакан	Pirallahi Пираллахи	Years Года	Mardakan Мардакан	Pirallahi Пираллахи
2001	24788	36810	2013	22128	33724
2002	21607	32927	2014	22706	33944
2003	19263	30696	2015	26525	40456
2004	23913	35363	2016	24068	34540
2005	18508	25970	2017	17359	23935
2006	21391	32007	2018	19994	29515
2007	20408	31286	2019	21994	32891
2008	20696	30730	2020	21720	32807
2009	22853	33810	2021	24214	36085
2010	20517	32401	2022	21868	32739
2011	21543	32240	2023	24753	37582
2012	20382	30507	2024	18723	28964

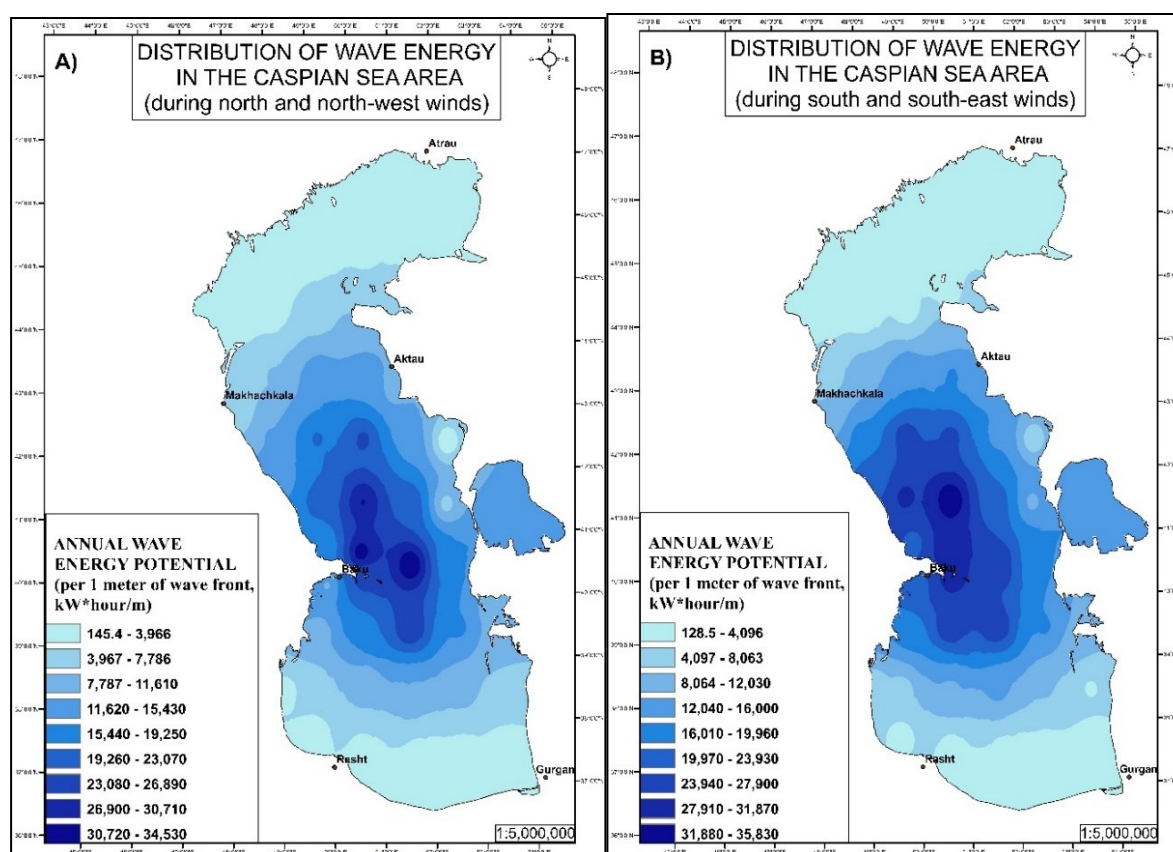


Fig. 12. Wave energy distribution in the Caspian Sea [19]:

A) during north and north-east winds; B) during south and south-east winds

Рис. 12. Распределение энергии волн в Каспийском море [19]:

A) при северных и северо-восточных ветрах; B) при южных и юго-восточных ветрах

The diurnal variation of wave power in the Mardakan and Pirallahi water areas shows the effect of rhythmic changes in the wind regime during the day on wave energy. The graphs show that in both areas, high values

are recorded at all hours of the day in the winter season, especially in the morning (fig.11). In spring the indicators remain mostly stable. Although wave power is

minimal in the summer season, relatively high values are observed in the morning hours.

Wave energy. Wave energy is generated by the movement of wind-generated waves on the ocean and sea surface and converted into electrical energy by turbines or wave energy converters (WEC). It is an inexhaustible and environmentally friendly renewable energy source that reduces hydrocarbon dependence.

Wave energy depends on the geographical location and time [10; 11]. Several sources are available for long-term characterization and analysis of wave conditions at different scales and locations, including in situ measurements, satellite altimetry and reanalysis archives. Each of these sources has its characteristics and is subject to some limitations. Re-analysis data overcome the shortcomings of the above-mentioned methods regarding their higher temporal resolution of 1 to 6 h and their global spatial coverage [12].

There is a wide range of wave energy technologies. Each technology uses different solutions to extract energy from waves and is applied depending on the depth and location of the water body (coastline, near-shore, offshore) [13]. Wave energy is an intermittent energy source. This means that the energy available from the source varies uncontrollably over time. It may be possible to predict the strength and timing of waves at a given location several days in advance, but the waves themselves cannot be controlled [9].

Studies show that under favorable conditions up to 90 % of wave power can be extracted, although the annual overall conversion efficiency drops to about 35 % when all auxiliary processes are included. The unstable and unpredictable nature of wave energy makes its integration into the electricity grid challenging. While fuel costs are zero, capital investment is high and output power fluctuates. Wave energy installations are generally classified by their distance from the shore into offshore and near-shore systems. Offshore designs typically use a floating wave-absorbing body paired with a seabed-anchored structure. In this zone, rotating generators are used only in Salter's Cam and air-

driven turbine buoys, whereas buoy-powered linear generators are more common. These linear generators operate directly through the motion of the floating body [14].

Although construction costs are high, operation and maintenance costs are low. Although there is no single international standard yet, the cleanliness of wave energy and the fact that 75 % of the planet's surface is covered by water indicate that it will be more widely used in the near future [14].

The working principle of wave energy devices (WEDs) is based on the conversion of the kinetic and potential energy of the wave, first into mechanical energy and then into electrical energy [15]. Therefore, using local parameters such as water depth and wave climate (i.e. wave height and period) will allow us to determine which technology is best for a given area [16].

The amount of wind energy that can be generated by the wave during the year E (kWh) was calculated. In this case, the following formula was used:

$$E = \left(\frac{P}{1000} \right) \cdot L \cdot T, \quad T = 365 \cdot 24 \text{ (hour)} \quad (2)$$

Here, L (m) is the length of the wavefront [17]. The wave power P , i.e. the energy flux, is usually defined as the average power per meter of wave front length and is expressed in W/m. This given value means the average energy passing from the surface to the seabed per second under one meter of wave front [18]. The wave energy calculated for the Mardakan and Pirallahi coastal zones by years, months, and seasons based on formula 2 is shown in Tables 1, 2, and 3, respectively.

To verify the accuracy of the calculations, the results were compared with contact observational data presented in our previous study [19], using information from the Hydrometeorological Atlas of the Caspian Sea [20]. For estimating the Caspian Sea's wave energy potential, the wave power parameter P (W/m) was calculated based on wave height and period data derived from measurements at 60 atlas points.

Table 2. Distribution of wave energy potential in Mardakan and Pirallahi by months (kW·hour /m)

Таблица 2. Распределение потенциала волновой энергии в Мардакане и Пираллахи по месяцам (кВт·ч/м)

Months Месяцы	Mardakan Мардакан	Pirallahi Пираллахи
I	2553	3926
II	2291	3430
III	2252	3282
IV	1398	1930
V	839	1140
VI	1140	1751
VII	1479	2211
VIII	959	1421
IX	1412	2128
X	2005	2939
XI	2647	4049
XII	2710	4281

Conclusion

The comparison shows that there is a high correlation between the ERA5 reanalysis data and the real observational data obtained from

contact measurements. This agreement confirms that the ERA5 data is a reliable source for assessing wave processes in the Caspian Sea. These data provide a solid scientific basis for wave energy development, coastal energy planning and the development of sustainable renewable energy strategies.

Table 3. Distribution of wave energy potential in Mardakan and Pirallahi by seasons (kW·hour/m)

Таблица 3. Распределение энергетического потенциала волн в Мардакане и Пираллахи по сезонам года (кВт·ч/м)

Points Пункты	Mardakan Мардакан	Pirallahi Пираллахи
Seasons Сезоны		
Spring	4489	6351
Summer	3577	5383
Autumn	6063	9116
Winter	7555	11638

References

1. Salamov OM, Bakhshali VI, Salamov AA. Sea wave energy and its development trend. Problems of energy. *Power Engineering Problems*. 2019(3):102-107. (In Azerb)
2. Rusu E, Onea F. Evaluation of the wind and wave energy along the Caspian Sea. *Energy*. 2013(50):1-14.
DOI: 10.1016/j.energy.2012.11.044
3. Hadapour S, Kamranzad B, Etemad-Shahidi A. Wave energy forecasting using artificial neural networks in the Caspian Sea. *Maritime Engineering*. 2013(167)1: 42-52.
4. Climate Data Store. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-single-levels?tab=download> (accessed 17.11.2025).
5. Aliev OS. Hydrometeorology of ship driving. Baku: Elm, 2007:337. (In Azerb)
6. Mamedov RM. Hydrometeorological atlas of the Caspian Sea. Baku: Nafta-Press, 2014:299. (In Azerb)
7. Koshinsky SD. Regime characteristics of strong winds on the seas of the Soviet Union. Part 1. Caspian Sea. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975:412. (In Russ)
8. Mamedov RM. Hydrometeorological variability

Список источников

1. Salamov OM, Baxşəli Vi, Salamov AA. Dəniz dalğa enerjetikası və onun inkişaf tendensiyası. *Energetikanın problemləri*. 2019(3):102-107.
2. Rusu E, Onea F. Evaluation of the wind and wave energy along the Caspian Sea. *Energy*. 2013(50):1-14.
DOI: 10.1016/j.energy.2012.11.044
3. Hadapour S, Kamranzad B, Etemad-Shahidi A. Wave energy forecasting using artificial neural networks in the Caspian Sea. *Maritime Engineering*. 2013(167)1: 42-52.
4. Climate Data Store. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-single-levels?tab=download> (accessed 17.11.2025).
5. Əliyev ƏS. Gəmi sürücülüyü hidrometeorologiyası. Bakı: Elm, 2007:337.
6. Məmmədov RM. Xəzər dənizinin hidrometeoroloji atlası. Bakı: Nafta-Press, 2014:299.
7. Кошинский С. Д. Режимные характеристики сильных ветров на морях Советского Союза. Часть 1. Каспийское море. Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. 412 с.
8. Мамедов Р. М. Гидрометеорологическая изменчивость и экогеографические проблемы

and ecogeographic problems of the Caspian Sea. Baku: Elm, 2007:433. (In Russ)

9. Waters R. Energy from ocean waves. Full scale experimental verification of a wave energy converter. Uppsala, 2008:130.

10. Dimakis AA, Biberacher M, Dominguez J, Fiorese G, et al. Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011(15):1182-1200.

11. Malik AQ. Assessment of the potential of renewables for Brunei Darussalam. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011;15(1):427-437. DOI:10.1016/j.rser.2010.08.014

12. Bouhrim H, Marjani AE, Nechad R, Hajjout I. Ocean wave energy conversion: a review. *Journal of Marine Science and Engineering (JMSE)*. 2024;12(11):1922. DOI: 10.3390/jmse12111922

13. Green energy: State Agency for Renewable Energy Sources. URL: <https://area.gov.az/en/page/yasil-texnologiyalar> (accessed 17.11.2025).

14. Khaligh A, Onar OC. Energy harvesting: solar, wind and ocean energy conversion systems. Boca Raton: CRC Press, 2010:350.

15. Karimirad M. Offshore energy structure. Springer, 2014:301. DOI: 10.1007/978-3-319-12175-8

16. Holmberg P, Andersson M, Bolund B, Strandanger K. Wave Power: Surveillance Study of the Development. Elforsk Rapport. Stockholm, 2011:66.

17. Thorpe T.W. A brief review of wave energy. A report produced for The UK Department of Trade and Industry. Harwell, 1999:200.

18. Xiaomei M, Li M, Li W, Liu Y. Overview of offshore wind power technologies. *Sustainability*. 2025;17(2):596. DOI: 10.3390/su17020596

19. Rasulzadeh V.M. Assessment of the wind and wave energy potential in the aquatoria of the Caspian Sea. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology*. 2025(62):315-323. DOI: 10.26565/2410-7360-2025-62

20. Mamedov RM. Hydrometeorology of the Caspian Sea. Baku: Europe, 2013:173. (In Azerb)

Каспийского моря. Баку: Элм, 2007. 433 с.

9. Waters R. Energy from ocean waves. Full scale experimental verification of a wave energy converter. Uppsala, 2008:130.

10. Dimakis AA, Biberacher M, Dominguez J, Fiorese G, et al. Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011(15):1182-1200.

11. Malik AQ. Assessment of the potential of renewables for Brunei Darussalam. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011;15(1):427-437. DOI:10.1016/j.rser.2010.08.014

12. Bouhrim H, Marjani AE, Nechad R, Hajjout I. Ocean wave energy conversion: a review. *Journal of Marine Science and Engineering (JMSE)*. 2024;12(11):1922. DOI: 10.3390/jmse12111922

13. Green energy: State Agency for Renewable Energy Sources. URL: <https://area.gov.az/en/page/yasil-texnologiyalar> (accessed 17.11.2025).

14. Khaligh A, Onar OC. Energy harvesting: solar, wind and ocean energy conversion systems. Boca Raton: CRC Press, 2010:350.

15. Karimirad M. Offshore energy structure. Springer, 2014:301. DOI: 10.1007/978-3-319-12175-8

16. Holmberg P, Andersson M, Bolund B, Strandanger K. Wave Power: Surveillance Study of the Development. Elforsk Rapport. Stockholm, 2011:66.

17. Thorpe T.W. A brief review of wave energy. A report produced for The UK Department of Trade and Industry. Harwell, 1999:200.

18. Xiaomei M, Li M, Li W, Liu Y. Overview of offshore wind power technologies. *Sustainability*. 2025;17(2):596. DOI: 10.3390/su17020596

19. Rasulzadeh V.M. Assessment of the wind and wave energy potential in the aquatoria of the Caspian Sea. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology*. 2025(62):315-323. DOI: 10.26565/2410-7360-2025-62

20. Мәммədov R.M. Хəзər дənizinin hidrometeorologiyası. Bakı: Avropa, 2013:173.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Affiliation

Vusala M. Rasulzadeh, Junior Researcher, Laboratory of Caspian Sea Geography, Institute of Geography, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, resulzade323@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0575-6101>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Расулзаде Вусала Мушфиг, младший научный сотрудник лаборатории географии Каспийского моря, Институт географии Министерства науки и образования Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджан, resulzade323@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0575-6101>

Scientific Supervisor: Rauf H. Gardashov, Doctor of Science (Physics and Mathematics), Laboratory of Caspian Sea Geography, Institute of Geography, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, rauf_gardashov@yahoo.co.uk, <https://orcid.org/0000-0002-6582-5543>**Расулзаде**

Научный руководитель: Гардашов Р. Х., доктор физико-математических наук, лаборатория географии Каспийского моря, Институт географии Министерства науки и образования Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджан, rauf_gardashov@yahoo.co.uk, <https://orcid.org/0000-0002-6582-5543>

Conflict of interest

The author declares no conflicts of interests.

The article was submitted 12.12.2025
Approved after reviewing 24.02.2026
Accepted for publication 10.03.2026

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 12.12.2025
Одобрена после рецензирования 24.02.2026
Принята к публикации 10.03.2026

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 сайте <https://perviy-vestnik.ru/udc/> (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. Рисунок создается в формате .jpg, вставляется непосредственно в текст и нумеруется 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 dgrurio@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. 20. № 1. 2026

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 60x84¹/₈. Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
Усл. печ. л. 13,95. Уч.-изд. л. 9,3. Тираж 500 экз. Заказ № 2611. Цена 416 руб.

Адрес типографии: 367003 РД, г. Махачкала, ул. Сулеймана Стальского, 50



Scopus



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

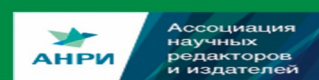
Karen Holland
Scopus CSAB Subject Chair



Olga V. Kirillova

Olga V. Kirillova
Russian CSAB Chair, president ASEP

Журнал индексируется в библиометрических базах и размещается на платформах:



ISSN 1995-0675



9 771995 067002

2 6001