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

Т. 18. № 2. 2024

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



СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ»

DAGESTAN STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY
JOURNAL
Natural and Exact Sciences

Известия ДГПУ

Т. 18. № 2. 2024
Vol. 18. No. 2. 2024

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

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

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

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)

Т. 18. № 2. 2024

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

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

Редакционный совет
серии «Естественные и точные науки»:

Атаев Загир Вагитович, канд. геогр. наук, проф., директор НИИ биогеографии и ландшафтной экологии ДГПУ им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия – главный редактор;
Асхабов Асхаб Магомедович, д-р геол.-минерал. наук, проф., директор Института геологии, председатель Президиума Коми НЦ УрО РАН, акад. РАН, Сыктывкар;
Имрани Заур Тагир оглы, канд. геогр. наук, доц., исполнительный директор Института географии им. акад. Г. Алиева;
Исмаилов Чингиз Ниязи оглы, д-р геогр. наук, проф. каф. экономической и социальной географии, Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан;
Канбетов Асылбек Шахмуратович, канд. биол. наук, проф., директор Каспийского исследовательского института Атырауского университета нефти и газа, Атырау, Казахстан;
Керимов Ибрагим Ахмедович, д-р физ.-мат. наук, вице-президент АН ЧР, академик АН ЧР, Грозный, Россия;
Магомедов Магомед-Расул Дибирович, д-р биол. наук, проф., гл. науч. сотр. лаборатории экологии животных Прикаспийского института биологических ресурсов ДФИЦ РАН, чл.-корр. РАН, Махачкала, Россия;
Минцаев Магомед Шавалович, д-р техн. наук, проф., ректор ГГНТУ им. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия;
Муртазаев Акай Курбанович, д-р физ.-мат. наук, проф., директор ДФИЦ РАН, чл.-корр. РАН, Махачкала, Россия;
Мухаббатов Холназар Мухаббатович, д-р геогр. наук, проф. кафедры методики преподавания географии и туризма ТГПУ им. Садриддина Айни, Душанбе, Таджикистан;
Омарова Наида Омаровна, д-р физ.-мат. наук, проф., зам. директора по науке Института национальных проблем образования, чл.-корр. РАО, Махачкала, Россия;
Пенин Румен Пенин, д-р. геогр. наук, проф. каф. ландшафтной экологии и охраны природной среды Софийского университета им. Св. Климента Охридкого, София, Болгария;
Талтенов Абзал Ахатович, д-р хим. наук, проф., ректор АтГУ им. Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан;
Темботова Фатимат Асланбиевна, д-р биол. наук, проф., директор Института экологии горных территорий им. А. К. Темботова РАН, чл.-корр. РАН, Нальчик, Россия;
Тюркоглу Некла, д-р. геогр. наук, проф. факультета языков, истории и географии Университета Анкары, Анкара, Турция;
Хоссейни Сайеде Сомайе, канд. геогр. наук, вед. науч. сотр. Исфаханского университета, Исфахан, Иран;
Чертко Николай Константинович, д-р геогр. наук, проф. каф. почвоведения и земельных информационных систем, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь;
Чибилев Александр Александрович, д-р геогр. наук, проф., научный руководитель Института степи УрО РАН, акад. РАН, Оренбург;
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;
Абдусамадов Ахма Саидбегович, д-р биол. наук, проф., директор Каспийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства;
Асадулаев Загирбег Магомедович, д-р биол. наук, проф., директор Горного ботанического сада ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
Беликов Михаил Юрьевич, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. международного туризма и менеджмента, директор Института географии, геологии, туризма и сервиса КубГУ, Краснодар, Россия;
Братков Виталий Викторович, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. географии МГУГиК, Москва, Россия;
Булаева Нуржаган Маисовна, д-р тех. наук, проф., директор Центра сопряженного мониторинга окружающей среды и природных ресурсов, Махачкала, Россия;
Гаврилов Юрий Олегович, д-р геол.-минерал. наук, проф., зав. лаб. седиментологии и геохимии осадочных бассейнов Геологического института РАН, Москва, Россия;
Гасаналиев Абдулла Магомедович, д-р хим. наук, проф. каф. химии, директор Научно-исследовательского института общей и неорганической химии ДГПУ им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия;
Гафуров Малик Магомедович, д-р физ.-мат. наук, руководитель АЦКП ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
Гуня Алексей Николаевич, д-р геогр. наук, проф. каф. физической географии мира и геоэкологии МГУ им. М. В. Ломоносова; ст. науч. сотр. отдела физической географии и проблем природопользования, Институт географии РАН, Москва, Россия;
Гусейнов Ризван Меджидович, д-р хим. наук, проф. кафедры химии ДГПУ им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия;
Идрисов Идрис Абдулбутаевич, канд. геогр. наук, вед. науч. сотр. лаборатории гидрогеологии и геоэкологии Института геологии ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
Исмаилов Эльдар Шафиевич, д-р биол. наук, проф. каф. химии ДГТУ, Махачкала, Россия;
Калов Ризуан Османович, д-р геогр. наук, проф. каф. экономики АПК, КБГАУ им. В. М. Кокова, Нальчик, Россия;
Кличханов Нисред Кадирович, д-р биол. наук, проф. каф. биохимии и биофизики ДГУ, Махачкала, Россия;
Кочкаров Жамал Ахматович, д-р хим. наук, проф. каф. общей, неорганической и физической химии КБГУ, Нальчик, Россия;
Куролап Семен Александрович, д-р геогр. наук, проф., декан факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ, Воронеж, Россия;
Лиховид Андрей Александрович, д-р геогр. наук, проф. каф. экологии и природопользования Института наук о Земле, первый проректор СКФУ, Ставрополь, Россия;
Луговской Александр Михайлович, д-р геогр. наук, проф. каф. географии МИИГАиК, Москва, Россия;
Лупейко Тимофей Григорьевич, д-р хим. наук, проф., зав. каф. общей и неорганической химии ЮФУ, Ростов-на-Дону, Россия;
Лысенко Алексей Владимирович, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. физической географии и кадастров Института наук о Земле СКФУ, Ставрополь, Россия;
Магомедова Манади Ахмеднабиевна, канд. биол. наук, доц., зав. каф. биологии, экологии и методики преподавания ДГПУ им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия;
Маммаев Омар Ахмедович, д-р геол.-минерал. наук, проф., зав. лаб. геотермальных ресурсов Института проблем геотермии ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
Мелкий Вячеслав Анатольевич, д-р техн. наук, вед. науч. сотр. лаборатории вулканологии и вулканоопасности Института морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия;
Мудуев Шахмардан Ситтикович, д-р геогр. наук, проф., вед. науч. сотр. научно-исследовательского института управления, экономики, политики и социологии ДГУНХ, Махачкала, Россия;
Погорелов Анатолий Валерьевич, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. геоинформатики КубГУ, Краснодар, Россия;
Рабазанов Нухкади Ибрагимович, д-р биол. наук, проф., директор Прикаспийского института биологических ресурсов ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
Разумов Виктор Владимирович, д-р геогр. наук, проф., вед. науч. сотр. отдела генезиса, географии, классификации и цифровой картографии почв лаборатории мониторинга почвенного покрова Почвенного института им. В. В. Докучаева, Москва, Россия;
Рамазанов Арсен Шамсудинович, д-р хим. наук, проф., зав. каф. аналитической и фармацевтической химии ДГУ, Махачкала, Россия;
Сфиева Диана Касумовна, канд. тех. наук, доц., начальник РИО ДГПУ им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия;
Таланов Валерий Михайлович, д-р хим. наук, проф., зав. каф. общей и неорганической химии ЮРГТУ им. М. И. Платова, Новочеркасск, Россия;
Тесленок Сергей Адамович, канд. геогр. наук, доц. Высшей экологической школы, Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия;
Трунин Александр Сергеевич, д-р хим. наук, проф., заведующий лабораторией физико-химического анализа им. Д. И. Менделеева, СГОАН, Самара, Россия;
Черкашин Василий Иванович, д-р геол.-минерал. наук, проф., гл. науч. сотр., зав. лаб. региональной геологии и твердого минерального сырья Института геологии ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия.

Номер журнала поступил в печать 02.07.2024 г.
Дата выхода в свет 05.07.2024 г.

© Авторы статей, 2024
© ДГПУ им Р. Гамзатова, 2024

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

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

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

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

Vol. 18. No. 2. 2024

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

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

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

Editorial Board

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

Editorial Council

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

Journal accepted for publication 02.07.2024
Published 05.07.2024

© Authors of the articles, 2024
© Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, 2024

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

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ
Аджиахметова С. Л. СЕЛЕКТИВНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОГО СОДЕРЖАНИЯ БИОАНТИОКСИДАНТОВ АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ 5
Идрисова А. Х., Шапиев Б. И. СПОСОБ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕДИ 12
Карачевский Д. Ю., Мустафин А. Г. ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИМИДАЗОЛИНОВОГО ИНГИБИТОРА АДСОРБЦИОННОГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ В СЕРОВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ СРЕДАХ 17

НАУКИ О ЗЕМЛЕ
Абдурашидов А. М., Шапоренко С. И. ТУРАЛИНСКИЕ ОЗЕРА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ПРЕССА И ЗАСУШЛИВОГО КЛИМАТА 30
Байрамов Э. А. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МИГРАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ В РЕГИОНАХ АЗЕРБАЙДЖАНА (НА ПРИМЕРЕ МИЛЬ-МУГАНСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА) 46
Бондарь Е. В., Харина Е. И., Мовсесова В. В., Гандрабурова Н. И., Березина Н. А. СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ДЕНДРОПАРКА СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО НАУЧНОГО АГРАРНОГО ЦЕНТРА 54
Ларина А. В., Тарасова О. Ю., Москалева С. А. ЛАНДШАФТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ КАК ОСНОВА ПОДДЕРЖАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БАЛАНСА 64
Наполов О. Б., Кулаков А. П. ОЦЕНКА ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА 73
Родоманская С. А. ГЕОГРАФИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: НОВЫЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ИДЕИ 81
Федосеева У. С., Тесленок С. А., Скурихин А. А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ИЗ РАЗНЫХ ИСТОЧНИКОВ 93
Швецова Л. В., Мардасова Е. В., Рыгалов Е. В., Антюфеева Т. В. ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ КУЛУНДИНСКОЙ СТЕПИ (НА ПРИМЕРЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ) 103

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ 115

CONTENTS

CHEMICAL SCIENCES
Adzhiakhmetova S. L. SELECTIVE DETERMINATION OF TOTAL BIOANTIOXIDANT CONTENT BY AMPEROMETRIC METHOD....5
Idrisova A. Kh., Shapiev B. I. METHOD FOR QUANTITATIVE DETERMINATION OF COPPER 12
Karachevsky D. Y., Mustafin A. G. STUDY OF THERMODYNAMIC FEATURES OF ADSORPTION ACTION PRINCIPLE IMIDAZOLINE INHIBITOR IN HYDROGEN SULFIDE-CONTAINING ENVIRONMENTS....17

EARTH SCIENCE
Abdurashidov A. M., Shaporenko S. I. THE TURALI LAKES IN CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC PRESSURE AND ARID CLIMATE....30
Bayramov E. A. CURRENT ISSUES OF POPULATION MIGRATION IN THE REGIONS OF AZERBAIJAN (CASE STUDY: MIL-MUGAN ECONOMIC REGION)....46
Bondar E. V., Kharina E. I., Movsesova V. V., Gandraburova N. I., Berezina N. A. THE STATE OF PLANT COMMUNITIES IN THE ARBORETUM OF THE NORTH CAUCASUS FEDERAL SCIENTIFIC AGRARIAN CENTER....54
Larina A. V., Tarasova O. Y., Moskaleva S. A. LANDSCAPE ORGANIZATION OF THE URBAN AREA AS A BASIS FOR MAINTAINING AN ECOLOGICAL BALANCE....64
Napolov O. B., Kulakov A. P. ASSESSMENT OF DANGEROUS GEOLOGICAL PROCESSES OF A NATURAL AND MAN-MADE CHARACTER....73
Rodomanskaya S. A. GEOGRAPHY OF FOOD SECURITY: NEW CONCEPTUAL IDEAS....81
Fedoseeva U. S., Teslenok S. A., Skurihin A. A. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ACCURACY OF OBJECT CLASSIFICATION BASED ON SPACE IMAGES FROM DIFFERENT SOURCES....93
Shvetsova L. V., Mardasova E. V., Rygalov E. V., Antyufeeva T. V. TERRITORIAL ORGANIZATION OF NATURE MANAGEMENT IN THE KULUNDA STEPPE CONDITIONS (THE CASE OF THE ALTAI TERRITORY)....103

RULES FOR AUTHORS....115

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Химические науки / Chemical Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 547.8:577.127.4:582.651.224
DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-5-11
EDN: UWZCZO

Селективное определение суммарного содержания биоантиоксидантов амперометрическим методом

© 2024 **Аджиахметова С.Л.**✉
Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал
Волгоградского государственного медицинского университета
Пятигорск, Россия, simillа503@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Амперометрический метод является точным, объективным, быстрым при определении суммы антиоксидантов в сложных смесях. Растение-паразит – омела белая (*Viscum album* L.) является перспективным растительным объектом, обладающим разнообразным химическим составом. **Целью** работы явилось селективное определение суммарного содержания биоантиоксидантов в листьях гемипаразита в зависимости от растения-хозяина. **Методы.** Суммарное содержание антиоксидантов определяли амперометрическим методом на жидкостном хроматографе «Цвет Яуза 01-АА». **Результаты.** В водных извлечениях, полученных из листьев *M. sylvestris* и *P. communis,* обнаружено максимальное содержание антиоксидантов, которое составляет: 7,60±0,28; 7,63±0,25 и 4,95±0,17; 4,97±0,13 (мг/г) в пересчете на кверцетин и галловую кислоту, соответственно. Обнаружено, что содержание биоантиоксидантов выше в растениях-хозяевах, чем в листьях гемипаразита. **Выводы.** Инжекционно-проточной системой с амперометрическим детектором установлено суммарное содержание антиоксидантов в растительных образцах. Обнаружена прямая зависимость между антиоксидантной активностью гемипаразита и дерева-хозяина.

Ключевые слова: антиоксиданты, кверцетин, галловая кислота, омела белая, амперометрический метод.

Формат цитирования: Аджиахметова С.Л. Селективное определение суммарного содержания биоантиоксидантов амперометрическим методом // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2024. Т. 18. № 2. С. 5-11. DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-5-11. EDN: UWZCZO

Selective Determination of Total Bioantioxidant Content by Amperometric Method

© 2024 **Simillа L. Adzhiakhmetova**✉
Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute –
Branch of Volgograd State Medical University
Pyatigorsk, Russia, simillа503@mail.ru

ABSTRACT. The amperometric method is accurate, objective, and fast for determining the amount of antioxidants in complex mixtures. *Viscum album* L. is a promising plant object with a diverse chemical composition. The **aim** of the paper was the selective determination of the total bioantioxidants content in the the hemiparasite leaves depending on the host plant. **Methods.** The total content of antioxidants was determined by the amperometric method on a liquid chromatograph "Tsvet Yauza 01-AA". **Results.** The aqueous extracts obtained from the leaves of *M. sylvestris* and *P. communis* contained the highest antioxidant content, which was: 7,60±0,28; 7,63±0,25 and 4,95±0,17; 4,97±0,13 (mg/g) in terms of quercetin and gallic acid, respectively. It was found that the content of bioantioxidants is higher in the host plants than in the hemiparasite leaves. **Conclusions.**The total content of antioxidants in plant samples was determined using an injection-flow system with an amperometric detector. A direct relationship was found between the antioxidant activity of the hemiparasite and the host tree.

Key words: antioxidants, quercetin, gallic acid, *Viscum album* L., amperometric method.

For citation: Adzhiakhmetova SL. Selective Determination of Total Bioantioxidant Content by Amperometric Method. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2024;18(2):5-11 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-5-11. EDN: UWZCZO

Введение

Активные формы кислорода вырабатываются в результате неблагоприятных факторов, таких как: загрязнение воздуха, различных видах облучения, интоксикациях, некачественном питании, а также из-за снижения активности ферментов антиоксидантной защиты организма человека [1-3]. При высоких концентрациях они могут повреждать клеточные структуры, а также изменять их функции [1; 4].

Окислительный стресс является следствием смещения баланса между оксидантами и антиоксидантами в пользу оксидантов, в связи с этим происходит развитие болезней и патологических состояний [1; 3; 5].

Антиоксидантная терапия (потребление природных антиоксидантов) используется для снижения окислительного стресса [5-8].

Для определения содержания суммы антиоксидантов в образцеприменяется амперометрический метод [9-11]. Идентификацию данных соединений проводят по вольтамперограмме, что считается информативным. Следует отметить, что в условиях совместного присутствия разных антиоксидантов снижается вероятность их взаимного влияния при малых концентрациях [12].

Антиоксидантная активность полифенольных соединений измеряется их величиной окисляемости на рабочем электроде амперометрического детектора [7; 13].

S. Ayaz с соавторами [14] разработали новый амперометрический метод определения суммы антиоксидантов в системе проточно-инжекционного анализа с использованием комплекса медь(II)-неокупроин. Предлагаемый электрод имел широкий линейный диапазон с очень низким пределом обнаружения. Использовались стандартные образцы: тролокс, кверцетин и катехин.

Метод определения суммы антиоксидантов, разработанный Я. И. Яшином с сотрудниками [3; 5], является точным и быстрым, а другие соединения, присутствующие в сложных смесях, не мешают определению. Одним из перспективных растительных объектов является паразит омела белая (*Viscum album* L.), обладающий разнообразным химическим составом [15]. Присутствие полифенольных соединений объясняет антиоксидантную активность экстрактов, полученных из *V. album* [16].

Целью работы явилось селективное определение суммарного содержания биоантиоксидантов в листьях гемипаразита в зависимости от растения-хозяина.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования явились деревья-хозяева, которые достигли средневозрастного генеративного возраста (табл. 1). Сбор листьев анализируемых растений проводился методом средней пробы.

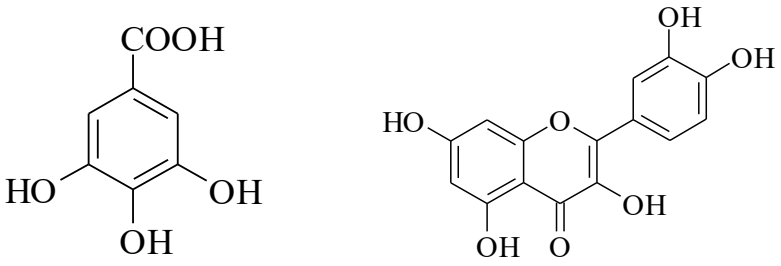
Суммарное содержание антиоксидантов определяли амперометрическим методом на жидкостном хроматографе «Цвет Яуза 01-АА» в пересчете на кверцетин и галловую кислоту [3; 8; 13].

В работах [8; 17] представлено получение извлечений для анализа и формула определения суммарного содержания антиоксидантов.

***Таблица 1.* Объекты исследования**
Table 1. Objects of research

Название сырья Name of raw material	**Дерево-хозяин** Host tree	**Место произрастания** Place of growth	**Время сбора** Collection time	**Сокращение** Abbreviation
листья *V. album*	яблоня домашняя (*Malus domestica* Borkh.)	с. Татарка Шпаковского района Ставропольского края	25.09.2021 г.	*V. album Md*
	яблоня лесная (*Malus sylvestris* (L.) Mill.)	пос. Личинкай Чегемского района Кабардино-Балкарской Республики	29.09.2023 г.	*V. album Ms*
	груша обыкновенная (*Pyrus communis*L.)	Белореченский район Краснодарского края	14.09.2021 г.	*V. album* Pc_1
	груша обыкновенная (*Pyrus communis*L.)	с. Заюково Баксанского района Кабардино-Балкарской Республики	17.09.2023 г.	*V. album* Pc_2
	тополь черный (*Populus nigra*L.)	с. Татарка Шпаковского района Ставропольского края	24.09.2022 г.	*V. album Pn*
	клен полевой (*Acer campestre* L.)	г. Крымск Краснодарского края	13.10.2023 г.	*V. album Ac*
	ива козья (*Salix caprea* L.)	пос. Личинкай Чегемского района Кабардино-Балкарской Республики	29.09.2023 г	*V. album Sc*

Определение суммарного содержания антиоксидантов.



галловая кислота **кверцетин**

***Рис. 1.* Структурные формулы стандартных образцов**
Fig. 1. Structural formulas of standard samples

Результаты и их обсуждение

В работе *S. Buratti* с соавторами [10] установлена корреляция между двумя методами определения антиоксидантной активности с помощью реактива ABTS (2,2'-азино-бис-(3-этилбензтиозолин-6-сульфокислоты) диаммониевая соль) и амперометрического метода. Исследователи установили, что амперометрический метод быстрый и надежный способ определения антиоксидантной активности пищевых экстрактов.

Амперометрическим методом с использованием прибора «Цвет-Яуза-01-АА» определено суммарное содержание биоантиоксидантов. Стандартными образцами явились кверцетин и галловая кислота (рис. 1).

Содержание антиоксидантов в анализируемых извлечениях представлены в таблице 2, градуировочные графики приведены на рисунке 2.

Нами установлено соответствие оптимального экстрагента, который выделен полужирным курсивомв таблице 2, у гемипаразита и растения-хозяина.

Обнаружено, что содержание антиоксидантов в пересчете на кверцетин выше в растениях-хозяевах, чем в листьях *V. album* для *M. domestica* в 5 раз, *M. sylvestris* в 12 раз, *P. communis*$_1$ в 8 раз, *P. communis*$_2$ в 14 раз, *P. nigra* в 1,3 раза, *A. campestre* в 8 раз, *S. caprea*в 3 раза (рис. 3).

В водных извлечениях, полученных из листьев *M. sylvestris* и *P. communis,* обнаружено максимальное содержание антиоксидантов, которое составляет: 7,60±0,28; 7,63±0,25 и 4,95±0,17; 4,97±0,13(мг/г) в пересчете на кверцетин и галловую кислоту, соответственно.

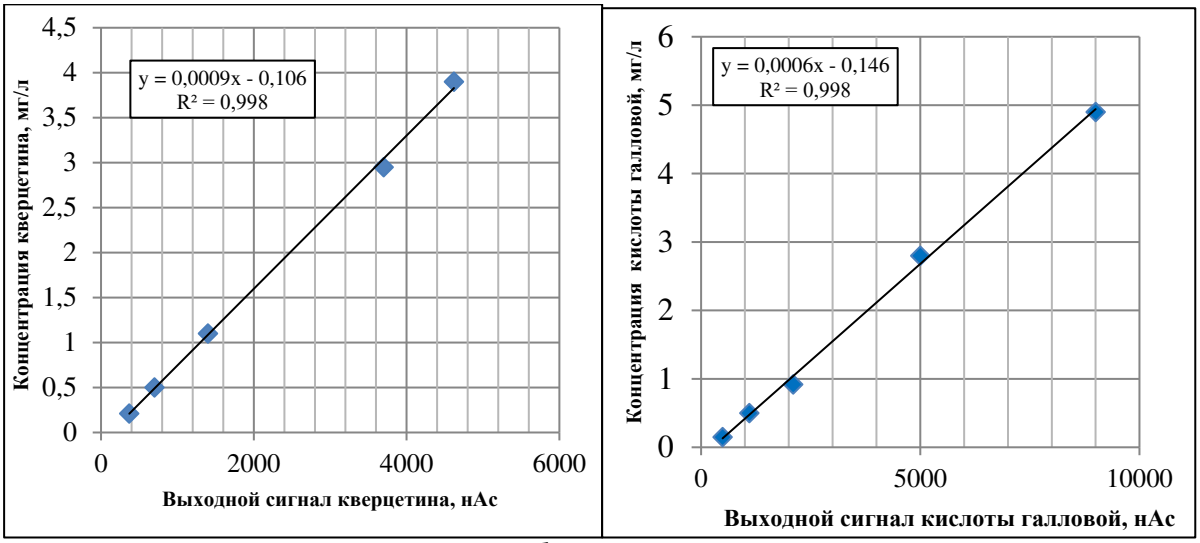


Рис.2. **Градуировочные графики кверцетина и кислоты галловой**
Fig. 2. Calibration graphs of quercetin and gallic acid

Таблица 2. **Содержание антиоксидантов (СА) в пересчете на кверцетин и галловую кислоту**
Table 2. Antioxidant content (AC) in terms of quercetin and gallic acid

Название сырья: листья Name of raw material: leaves	**Используемые экстрагенты** Used extractants	**Кратность разбавления** Dilution factor	**СА в пересчете на: (n=6) (мг/г)** AC in terms of: (n=6) (mg/g)	
			кверцетин quercetin	**галловую кислоту** gallic acid
V. albumMd	СЭ90 %	–	0,043±0,001	0,022±0,001
	СЭ70 %	–	0,147±0,003	0,091±0,002
	СЭ50 %	–	***0,357±0,004***	***0,231±0,003***
	ВО	–	0,122±0,003	0,076±0,001
M. domestica	СЭ90 %	–	0,093±0,002	0,055±0,001
	СЭ70 %	–	0,266±0,003	0,173±0,003
	СЭ50 %	***3***	***1,737±0,042***	***1,118±0,036***
	ВО	–	0,209±0,004	0,133±0,002
V. album Ms	СЭ90 %	–	0,114±0,003	0,069±0,003
	СЭ70 %	–	0,166±0,003	0,104±0,002
	СЭ50 %	–	0,177±0,003	0,111±0,002
	ВО	***2***	***0,612±0,005***	***0,402±0,004***
M. sylvestris	СЭ90 %	3	1,26±0,008	0,82±0,006
	СЭ70 %	10	4,13±0,09	2,69±0,05
	СЭ50 %	15	5,79±0,14	3,77±0,13
	ВО	***18***	***7,60±0,28***	***4,95±0,17***
V. album Pc1	СЭ90 %	–	0,230±0,003	0,146±0,003
	СЭ70 %	–	0,201±0,004	0,127±0,002
	СЭ50 %	–	***0,274±0,003***	***0,176±0,002***
	ВО	–	0,254±0,003	0,163±0,003
P. communis	СЭ90 %	5	1,432±0,007	0,923±0,006
	СЭ70 %	5	0,991±0,006	0,625±0,004
	СЭ50 %	***5***	***2,085±0,009***	***1,355±0,006***
	ВО	5	1,725±0,006	1,115±0,005
V. album Pc2	СЭ90 %	–	0,165±0,003	0,104±0,003
	СЭ70 %	–	0,175±0,002	0,110±0,002
	СЭ50 %	–	0,339±0,003	0,219±0,002
	ВО	***2***	***0,552±0,004***	***0,354±0,004***
P. communis	СЭ90%	2	0,870±0,007	0,566±0,005

	СЭ70 %	5	1,113±0,009	0,720±0,006
	СЭ50 %	15	1,755±0,008	1,135±0,007
	ВО	***18***	***7,63±0,25***	***4,97±0,13***
V. album Pn	СЭ90 %	–	0,137±0,002	0,085±0,002
	СЭ70 %	–	0,233±0,002	0,148±0,002
	СЭ50 %	–	***0,341±0,003***	***0,220±0,003***
	ВО	–	0,321±0,004	0,207±0,003
P. nigra	СЭ90 %	–	0,207±0,002	0,132±0,002
	СЭ70 %	–	0,337±0,004	0,218±0,003
	СЭ50 %	–	***0,426±0,005***	***0,272±0,003***
	ВО	–	0,367±0,004	0,238±0,003
V. album Ac	СЭ90 %	–	0,313±0,002	0,201±0,002
	СЭ70 %	–	0,460±0,003	0,299±0,003
	СЭ50 %	2	***0,682±0,005***	***0,439±0,004***
	ВО	–	0,102±0,002	0,061±0,002
A. campestre	СЭ90 %	3	1,035±0,009	0,666±0,007
	СЭ70 %	10	3,95±0,07	2,56±0,04
	СЭ50 %	***13***	***5,64±0,28***	***3,67±0,15***
	ВО	–	0,465±0,005	0,303±0,004
V. album Sc	СЭ90 %	–	0,155±0,002	0,097±0,002
	СЭ70 %	–	0,163±0,003	0,102±0,002
	СЭ50 %	–	***0,234±0,003***	***0,150±0,003***
	ВО	–	0,214±0,003	0,136±0,002
S. caprea	СЭ90 %	–	0,372±0,002	0,241±0,002
	СЭ70 %	–	0,418±0,003	0,272±0,002
	СЭ50 %	***2***	***0,662±0,004***	***0,423±0,003***
	ВО	2	0,608±0,004	0,392±0,004

Примечание: спирт этиловый 90 % – СЭ90 %, спирт этиловый 70 % – СЭ70 %, спирт этиловый 50 % – СЭ50 %, вода очищенная – ВО.

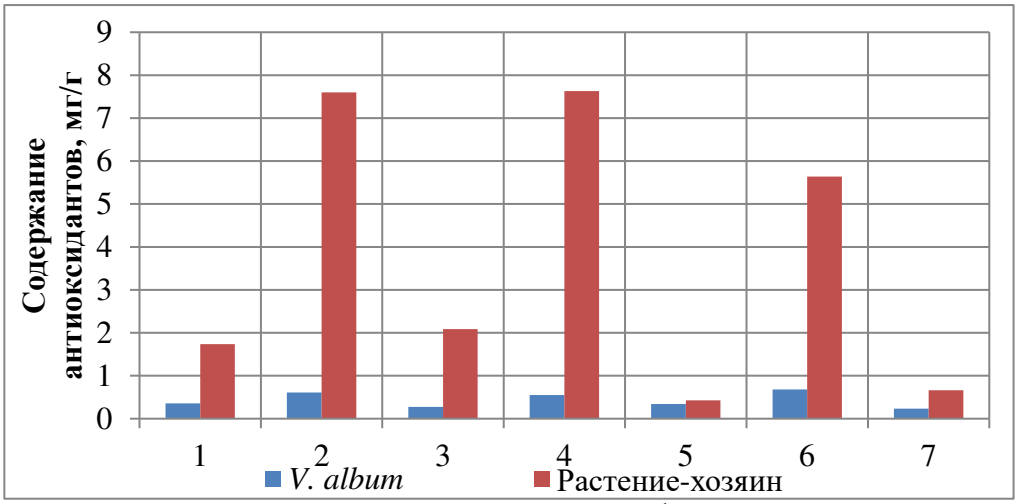


Рис. 3. **Содержание антиоксидантов в анализируемых объектах в пересчете на кверцетин**
Fig. 3. Antioxidant content in the analyzed objects in terms of quercetin

Заключение

В ходе настоящей работы определено суммарное содержание биоантиоксидантов в растительных образцах амперометрическим методом. Следует отметить, что установлена прямая зависимость между антиоксидантной активностью гемипаразита и дерева-хозяина, также выявлено соответствие оптимального экстрагента.

Список источников

1. Birben E, Sahiner UM, Sackesen C, Erzurum S, et al. Oxidative Stress and antioxidant defense. *World Allergy Organ J.* 2012;5(1):9-19. DOI: 10.1097/WOX.0b013e3182439613

2. Valko M, Rhodes CJ, Moncol J, Izakovic M, et al. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem Biol Interact.* 2006;160(1):1-40. DOI: 10.1016/j.cbi.2005.12.009

3. Яшин А.Я., Яшин Я.И. Прибор для определения антиоксидантной активности растительных лекарственных экстрактов и напитков // Международная информационная система по резонансным технологиям. 2004(34):10-14.

4. Чанчаева Е. А., Айзман Р.И., Герасев А.Д. Современное представление об антиоксидантной системе организма человека // Экология человека 2013. № 7. С. 50-58.EDN: QIYAOR

5. Yashin A, Yashin Y, Wang JY, Nemzer B. Antioxidant and antiradical activity of coffee. *Antioxidants (Basel).* 2013;2(4).:230-245. DOI: 10.3390/antiox2040230

6. Matkovics A. Recent changes in concepts of antioxidant treatment. *Orv. Hetil.* 2006;147(16):747-752.

7. Shanin YN, Shanin VY, Zinoviev EV. Antioxidant Therapy in clinical practice. Moscow: Albee. 2009:128.

8. Аджиахметова С.Л., Андреева О.А., Оганесян Э.Т. Антиоксидантная активность экстрактов из листьев, плодов и стеблей крыжовника отклоненного (*Grossularia reclinata* (L.) Mill.) // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-6. С. 1297-1301. EDN: REEHYX

9. Mannino S, Buratti S, Cosio MS, Pellegrini N. Evaluation of the «antioxidant power» of olive oils based on a FIA system with amperometric detection. *Analyst.* 1999;124(7):1115-1118. DOI: 10.1039/a902007a

10. Buratti S, Pellegrini N, Brenna OV, Mannino S. Rapid electrochemical method for the evaluation of the antioxidant power of some lipophilic food extracts. *J. AgricFoodChem.* 2001;49(11):5136-5141. DOI: 10.1021/jf010731y

11. Сажина Н.Н. Определение антиоксидантной активности различных биоантиоксидантов и их смесей амперометрическим методом // Химия растительного сырья. 2016. № 4. С. 71-76. DOI: 10.14258/jcprm.2016041395.EDN: XELXFX

12. Тринеева О.В. Методы определения антиоксидантной активности объектов растительного и синтетического происхождения в фармации (обзор) // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2017. № 4(21). С. 180-197. EDN: ZTWVEX

13. Яшин А.Я. Инжекционно-проточная си-

References

1. Birben E, Sahiner UM, Sackesen C, Erzurum S, et al. Oxidative Stress and antioxidant defense. *World Allergy Organ J.* 2012;5(1):9-19. DOI: 10.1097/WOX.0b013e3182439613

2. Valko M, Rhodes CJ, Moncol J, Izakovic M, et al. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem Biol Interact.* 006;160(1):1-40. DOI: 10.1016/j.cbi.2005.12.009

3. Yashin AY, Yashin YI. Device for determination of antioxidant activity in plant medicinal extracts and beverages. *International Information System on Resonance Technologies*. 2004(34):10-14. (In Russ)

4.Chanchaeva EA, Aizman RI, Gerasev AD. Contemporary perception of antioxidant system of human organism. *Human Ecology.* 2013(7);50-58. (In Russ). EDN: QIYAOR

5. Yashin A, Yashin Y, Wang JY, Nemzer B. Antioxidant and antiradical activity of coffee. *Antioxidants (Basel).* 2013;2(4):230-245. DOI: 10.3390/antiox2040230

6. Matkovics A. Recent changes in concepts of antioxidant treatment. *Orv. Hetil.*2006;147(16):747-752.

7. Shanin YN, Shanin VY, Zinoviev EV. Antioxidant Therapy in clinical practice. Moscow: Albee. 2009:128.

8.Adzhiakhmetova SL, Andreeva OA, Oganesyan ET. Antioxidant activity of extracts from the leaves, the fruit and stems gooseberry rejected (*Grossularia reclinata* (L.) Mill.). *Fundamental Research.* 2013(10-6):1297-1301. (In Russ). EDN: REEHYX

9. Mannino S, Buratti S, Cosio MS, Pellegrini N. Evaluation of the «antioxidant power» of olive oils based on a FIA system with amperometric detection. *Analyst.* 1999;124(7):1115-1118. DOI: 10.1039/a902007a

10. Buratti S, Pellegrini N, Brenna OV, Mannino S. Rapid electrochemical method for the evaluation of the antioxidant power of some lipophilic food extracts. *J. Agric Food Chem.* 2001;49(11):5136-5141. DOI: 10.1021/jf010731y

11.Sazhina NN. Determination of various bioantioxidants antioxidant activity and their mixtures by amperometric method. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja.* 2016;(4):71-76. DOI: 10.14258/jcprm.2016041395. (In Russ). EDN: XELXFX

12.Trineeva OV. Methods of determination of antioxidant activity of plant and synthetic origins in pharmacy (review). *Drug Development & Registration.* 2017;(4(21):180-197. (In Russ). EDN: ZTWVEX

13.Yashin AY. A flow-injection system with am-

стема с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках // Российский химический журнал. 2008. Т. 52. № 2. С. 130-135. EDN: JUMUUX

14. Ayaz S, Üzer A, Dilgin Y, Apak R. A novel flow injection amperometric method for sensitive determination of total antioxidant capacity at cupric-neocuproine complex modified MWCNT glassy carbon electrode. *Mikrochim Acta.* 2022;189(4):167. DOI: 10.1007/s00604-022-05271-z

15. Аджиахметова С.Л., Червонная Н.М., Поздняков Д.И., Попова О.И., Оганесян Э.Т. Компонентный состав и некоторые особенности биологической активности *Viscum album* (Viscaceae) // Растительные ресурсы. 2023. Т. 59. № 3. С. 228-248. DOI: 10.31857/S0033994623030044.EDN: RZUHMM

16. Nicoletti M. The Antioxidant activity of mistletoes (*Viscum album* and Other Species). *Plants (Basel).* 2023;12(14):2707. DOI: 10.3390/plants12142707.

17. Пахомов В.П., Яшин Я.И., Яшин А.Я., Багирова В.Л., Арзамасцев А.П., Кукес В.Г., Ших Е.В. Способ определения суммарной антиоксидантной активности биологически активных веществ // Патент Российской Федерации № 2238554, МПК G01N 33/15 G01N 27/26. Дата подачи заявки: 25.07.2003. Опубликовано: 20.10.2004.

perometric detection for selective determination of antioxidants in foodstuffs and drinks. *Russian Journal of General Chemistry*. 2008;52(2):130-135. (In Russ). EDN: JUMUUX

14. Ayaz S, Üzer A, Dilgin Y, Apak R. A novel flow injection amperometric method for sensitive determination of total antioxidant capacity at cupric-neocuproine complex modified MWCNT glassy carbon electrode. *Mikrochim Acta.* 2022;189(4):167. DOI: 10.1007/s00604-022-05271-z

15. Adzhiakhmetova SL, Chervonnaya NM, Pozdnyakov DI, Popova OI, et al. Component composition and some features of the biological activity of *Viscum album* (Viscaceae). *Rastitelnye Resursy.* 2023;59(3):228-248. (In Russ). DOI: 10.31857/S0033994623030044.EDN: RZUHMM

16. Nicoletti M. The Antioxidant activity of mistletoes (*Viscum album* and Other Species). *Plants (Basel).* 2023;12(14):2707. DOI: 10.3390/plants12142707.

17. Pakhomov VP, Yashin YI, Yashin AY, Bagirowa VL, et al. Method for determining the total antioxidant activity of biologically active substances. Patent of the Russian Federation No. 2238554, IPC G01N 33/15 G01N 27/26. Filingdate 25.07.2003. Published 10.20.2004. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Аджиахметова Симилла Леонтьевна, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры органической химии, Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоградского государственного медицинского университета, Пятигорск, Россия, similla503@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9685-1384

Статья поступила в редакцию 13.06.2024
Одобрена после рецензирования 20.06.2024
Принята к публикации 24.06.2024

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Simílla L. Adzhiakhmetova, Ph.D. (Pharmaceutical Sciences), Associate Professor, Department of Organic Chemistry, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia, similla503@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9685-1384

The article was submitted 13.06.2024
Approved after reviewing 20.06.2024
Accepted for publication 24.06.2024

Химические науки / Chemical Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 54.062
DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-12-17
EDN: WFYPYL

Способ количественного определения меди

© 2024 Идрисова А. Х., Шапиев Б. И.✉
Дагестанский государственный медицинский университет
Махачкала, Россия, eco-medicine@yandex.ru, bammatsh@mail.ru✉

РЕЗЮМЕ. Целью данной исследовательской работы – разработать точный, экологически безопасный, простой и быстрый в исполнении способ количественного определения содержания меди в различных средах без использования вредных для здоровья человека органических реагентов. **Материалы и методы.** Для количественного определения меди использовали свежеприготовленный раствор нитрата меди ($1{,}56*10^{-2}$ М), полученный растворением точной навески электролитической меди в азотной кислоте. Рабочие растворы для исследований готовили разбавлением исходного раствора. Растворы люмогаллиона, трилона Б и маскирующих растворов комплексообразователей готовили растворением точных навесок веществ в воде. Для количественного определения меди применили спектрофотометрический метод (спектрофотометры СФ-2000 и СФ-46). **Результатом** исследовательской работы явилась разработка точного, экологически безопасного, простого и быстрого в исполнении способа количественного определения содержания меди в различных средах без использования вредных для здоровья человека органических реагентов. Разработанный способ запатентован. **Выводы.** Для качественного и количественного определения меди в растворах спектрофотометрическим методом в качестве индикатора можно использовать реагент люмогаллион, который с ионами меди и образует устойчивое комплексное соединение, окрашенное в красный цвет. Установлены оптимальные условия спектрофотометрических измерений оптической плотности окрашенного раствора комплексного соединения меди и люмогаллиона при длине волны λ=490 и при значении pH 3-6.

Ключевые слова: медь – биогенный d элемент, значение меди для живых организмов, комплексообразующие способности ионов меди, люмогаллион, комплексные соединения меди, хелатный комплекс меди с люмогаллионом.

Формат цитирования: Идрисова А. Х., Шапиев Б. И. Способ количественного определения меди // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2024. Т. 18. № 2. С. 12-17. DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-12-17. EDN: WFYPYL

Method for Quantitative Determination of Copper

© 2024 Aida Kh. Idrisova, Bammatgerey I. Shapiev✉
Dagestan State Medical University
Makhachkala, Russia, eco-medicine@yandex.ru, bammatsh@mail.ru✉

ABSTRACT. The **aim** of the research is to develop an accurate, environmentally friendly, simple and fast method for quantitative determination of copper content in various environments without using organic reagents harmful to human health. **Materials and methods.** For quantitative determination of copper, a freshly prepared solution of copper nitrate (1.56*10-2 M) was used, obtained by dissolving an accurately weighed portion of electrolytic copper in nitric acid. Working solutions for studies were prepared by diluting the stock solution. Solutions of lumogallion, trilon B and masking solutions of complexing agents were prepared by dissolving accurately weighed portions of substances in water. It was used a spectrophotometric method (spectrophotometers SF-2000 and SF-46) for quantitative determination of copper. The **result** of the research was the development of an accurate, environmentally friendly, simple and fast method for quantitative determination of copper content in various environments without using organic reagents harmful to human health. The developed method is patented. **Conclusions.** For the qualitative and quantitative determination of copper in solutions by the spectrophotometric method, the lumogallion reagent can be

used as an indicator, which forms a stable complex compound colored red with copper ions. Optimum conditions for spectrophotometric measurements of the optical density for a colored solution of a copper and lumogallion complex compound at a wavelength of λ = 490 and at a pH of 3-6 have been established.

Keywords: copper is a biogenic d element, the importance of copper for living organisms, complexing abilities of copper ions, lumogallion, copper complex compounds, chelate complex of copper with lumogallion.

For citation: Idrisova AKh, Shapiev BI. Method for Quantitative Determination of Copper. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2024;18(2):12-17 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-12-17. EDN: WFYPYL

Введение

Медь (химический символ — Cu, от лат. *Cuprum)* — химический элемент 11-й группы (по устаревшей классификации — побочной подгруппы первой группы, IB) четвёртого периода периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, с атомным номером 29 [1]. Соединения меди широко распространены в природе и являются мощным средством нормализации биохимических обменных процессов в растениях и живых организмах, что послужило их широкому применению в растениеводстве, животноводстве, фармации и практической медицине.

Из-за загрязнения окружающей среды различными соединениями меди, связанными с неконтролируемыми выбросами объектов энергетики, промышленного и сельскохозяйственного производства, использованием различных химических соединений в качестве удобрений, гербицидов, инсектицидов и др. в природе накапливаются ее различные соединения. Необходимо жестко контролировать количественное содержание меди, наряду с соединениями других тяжелых металлов.

Медь (представитель d – элементов) относится к числу важнейших биогенных элементов, необходимых для полноценного функционирования и развития живых организмов. Медь необходима для человеческого организма, участвует в осуществлении процесса образования гемоглобина и поэтому не подлежит замене другими элементами. Особенности химического поведения ионов меди в соединениях заключаются в их высокой комплексообразующей способности, образовании комплексных, координационных соединений как с органическими, так и с неорганическими лигандами. Специфические химические особенности ионов меди определяют её значение в природе и биологические функции в составе живых организмов.

Медь существует в свободном одно- и двухвалентном состояниях. Среднее содержание меди в почвах 20 мг/кг, в пресных водах – 0,001…0,2 мг/л, в морской воде – 0,02…0,045 мг/л. В организме взрослого человека содержится около 100 мг меди. Суточная потребность взрослого человека в меди 2…2,5 мг, то есть 35…40 мкг/кг массы тела, для детей – 80 мкг/кг.

В растениях почти вся медь сосредоточена в хлоропластах листьев и участвует в процессах фотосинтеза. Установлено, что медь входит в состав растительных белков-ферментов в виде медьпротеидов, которые улучшают водоудерживающую способность растительных тканей, придает растениям засухо- и морозоустойчивость, защищает от грибковых, бактериальных и других заболеваний. Установлено множество других важных функций соединений меди для растительного организма [2].

Острый дефицит меди, при содержании ниже 20,0-10,5 мг/кг сухой массы, вызывает у растений различные заболевания, в том числе: задержку роста и цветения, хлороз листьев, увядание растений.

У животных медь участвует в процессах, поддерживающих воспроизводительную функцию, кроветворение, стимулирует активность гормона гипофиза. При недостатке меди развивается анемия и деструкции сосудов кровеносной системы, патологии соединительных тканей. Избыток меди в организме животных вызывает поражение печени [3].

В организме человека медь выполняет многогранные функции. Влияет на рост и развитие организма, воспроизводительную функцию, выработку гемоглобина и на активность лейкоцитов, стимулирует активность гормона гипофиза. Однако

избыточное содержание меди в организме человека приводит к болезни Вильсона, нарушению психики и параличу некоторых органов, гиперкупремию и др. [4-6].

Потребность в меди для человека составляет около 2-3 мг в сутки, или 35-40 мкг на 1 кг массы тела. Летальная доза для человека составляет 0,175-0,25 г/сутки.

Для качественного и количественного определения меди в различных природных средах, промышленных и бытовых сточных водах, в почве и биологических объектах предложено множество способов. Среди этих способов наиболее часто анализы проводятся с использованием различных реагентов – индикаторов, образующих с ионами меди разнообразные соединения, и при этом количественные расчеты проводятся на основании различных качественных аналитических эффектов.

Для количественного определения меди в водопроводной сети используется метод, предусмотренный ГОСТ 4388-72. «Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации меди» [7].

В аналитической химии используются и другие методы количественного анализа меди, и активно ведутся исследования для разработки более простых, доступных методов [8-9].

Из-за некоторых объективных причин, в том числе из-за дороговизны и длительности однократного анализа, использования вредных для здоровья человека веществ, не все разработанные и предложенные способы физико-химического анализа соединений меди нашли практическое применение и широко используются в современной аналитической химии [10].

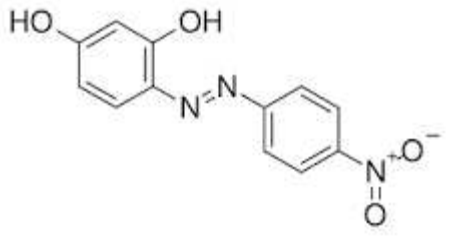
Научные исследования в области улучшения аналитических возможностей применяемых методов исследования меди и разработка новых, более эффективных и точных способов ее определения в присутствии отдельных, мешающих определению катионов и анионов в отдельности или в их комплексе продолжаются. Наиболее перспективными, востребованными являются разработки экспресс-методов определения ионов металлов, в том числе меди, при помощи которых можно проводить химические анализы природных образцов непосредственно на месте, с использованием переносных приборов и качественных реактивов.

В нашей исследовательской работе для качественного и количественного определения меди (II) использована способность ионов меди к образованию окрашенного комплексного соединения с реагентом-комплексообразователем люмогаллионом.

Последующее спектрофотометрическое количественное определение массовой концентрации раствора и содержания меди (II) производится по построенному градуировочному графику. Проведенными исследованиями установлено, что для количественного определения меди в воде в качестве индикатора можно использовать люмогаллион, который взаимодействует с ионами меди в растворе и образует устойчивое комплексное соединение, окрашенное в красный цвет. Определены оптимальные условия спектрофотометрических измерений оптической плотности раствора комплексного соединения меди и люмогаллиона: длина волны λ=490, при значении pH 3-6. Предел обнаружения и определения количества растворенной меди в растворе составляет до 10^{-5} мМ.

В данной статье приведены аналитические возможности использования нового способа определения концентрации ионов меди в воде. Реагент люмогаллион – это 2-гидрокси-3сульфо-5хлор-бензолрезорцин. Эмпирическая формула: $C_{12}H_9O_6N_2SCl$.

Пространственное строение молекулы люмогаллиона:



Материалы и методы исследования

Для проведения исследований использовали свежеприготовленный раствор нитрата меди ($1{,}56*10^{-2}$ М), полученный растворением точной навески электролитической меди в азотной кислоте. Рабочие растворы для исследований готовили разбавлением исходного раствора.

Растворы люмогаллиона, трилона Б и маскирующих растворов комплексообразователей готовили растворением точных навесок веществ в воде. Для спектрофотометрических измерений к раствору нитрата меди в колбе ёмкостью 25 мл добавляли люмогаллион. Создавали нужное значение pH раствора, доводили объем водой до

метки. У полученного раствора снова поверяли pH. Нужное значение pH исследуемого раствора устанавливали ацетатным буфером с pH=3,8.

Контроль значения pH проводили pH-метром. Оптическую плотность растворов измеряли на СФ-46 и СФ-2000 в кюветах ℓ=10мм.

Для установления зависимости комплексообразования в системе Cu-люмогаллион от pH раствора и определения оптимальной длины волны для измерений были сняты спектры поглощения растворов комплексного соединения меди и люмогаллиона при избытке меди, при одинаковом количестве реактива и разных значениях pH. Результаты приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Влияние концентрации люмогаллиона на процесс комплексообразования меди и реагента (люмогаллиона) при ℓ=10мм, pH=3, V=25 мл, λ=490

Table 1. Effect of lumogallion concentration on the process of copper and reagent complexation (lumogallion) at ℓ=10 mm, pH=3, V=25 ml, λ=490

$C_{люмогаллиона}$, M	Cu: люмогаллион	Λ, нм
$2*10^{-5}$	1,5:1	0,360
$4*10^{-5}$	1,5:2	0,514
$6*10^{-5}$	1,5:3	0,670
$8*10^{-5}$	1,5:4	0,658

Как видно из данных, приведенных в таблице 1, для полного связывания меди необходим двукратный избыток раствора реактива люмогаллиона.

Спектры поглощения были сняты относительно раствора реагента и воды. Установлено, что люмогаллион образует устойчивое комплексное соединение в интервале pH от 2 до 8. Оптимальные значения pH для кмплексообразования находятся области от 3 до 6. Выявлено, что максимум светопоглощения комплексного соединения меди и люмогаллиона находится при 520 нм, Δλ=100 нм относительно раствора реагента. Полученные результаты исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Зависимость оптической плотности раствора от концентрации меди в растворе $C_{люмогаллиона}$, $=1{,}44*10^{-4}$, ℓ=10мм, pH=4, V=25 мл, λ=490

$C_{люмогаллиона}$, M	C_{Cu}. M	Λ,
$1{,}44*10^{-4}$	$3{,}6*10^{-5}$	0,75
$1{,}44*10^{-4}$	$4{,}8*10^{-5}$	1,01
$1{,}44*10^{-4}$	$6{,}0*10^{-5}$	1,21
$1{,}44*10^{-4}$	$7{,}2*10^{-5}$	1,38

Заключение

Для качественного и количественного определения меди в растворах спектрофотометрическим методом в качестве индикатора можно использовать реагент люмогаллион, который взаимодействует с ионами меди и образует устойчивое комплексное соединение, окрашенное в красный цвет.

Установлены оптимальные условия спектрофотометрических измерений, оптической плотности окрашенного раствора комплексного соединения меди и люмогаллиона; при длине волны λ=490, при значении pH 3-6,

Предел обнаружения и определения количества растворенной меди в водном растворе составляет до 10^{-5} мМ.

По результатам исследовательской работы авторами получен патент RU № 2792612C1 «Способ определения меди в воде» [11].

Список источников

1. Химическая энциклопедия: в 5 т. Т. 3. / Гл. ред. И. Л. Кнунянц. М.: Советская энциклопедия, 1992. 639 с.

2. Санжарова Н. И., Цыгвинцев П. Н., Анисимов В. С, Гераськин С. А. Тяжелые металлы в агроценозах: миграция, действие, нормирование. Обнинск: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», 2019. 398 с. EDN: OTVQPZ

3. Гончарова Л. И., Цыгвинцев П. Н., Манин

References

1. Knunyants IL. (ed.) Chemical Encyclopedia: in 5 vols. Vol. 3. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya. 1992:639. (In Russ)

2. Sanzharova NI, Tsygvintsev PN, Anisimov VS, Geras'kin SA, et al. Heavy metals in agrocenoses: migration, effect, regulation. Obninsk: Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Radiology and Agroecology", 2019:398. (In Russ). EDN: OTVQPZ

3. Goncharova LI, Tsygvintsev PN, Manin KV. Reaction of various crops to soil contamination

К. В. Реакция различных культур на загрязнение почвы медью // Агрохимия. 2018. № 4. С. 88-94. DOI: 10.7868/S0002188118040129. EDN: OWECGX

4. Теплая Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 1(23). С. 182-192. DOI: 10.7868/S0002188118040129. EDN: OWECGX

5. Челтыгмашева И. С., Черных Н. А. Качество растениеводческой продукции в условиях загрязнения тяжелыми металлами. М.: Оргсервсис-2000, 2004. 95 с.

6. Ерохина Н. И., Зернаева Л. А. Улучшение репродуктивной функции крупного рогатого ската путем профилактики недостатка меди в организме // Инноватика и экспертиза. Научные труды. 2020. № 2(30). С. 170-177. DOI: 10.35264/1996-2274-2020-2-170-177. EDN: VZGUZH

7. ГОСТ 4388-72. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации меди: дата введения: 01.01.1974. URL: clck.ru/3DPDwT (дата обращения: 23.03.2024).

8. Дидух С. Л., Лосев В. Н. Сорбционно-фотометрическое и тест-определение меди в водных средах с применением модифицированных полигексаметиленгуанидином и батокупроиндисульфокислотой неорганических оксидов // Аналитика и контроль. 2017. Т. 21. № 1. С. 49-56. DOI: 10.15826/analitika.2017.21.1.005. EDN: YHFKTT

9. Працкова С. Е., Агеенко Е. И. Фотометрическое определение меди (II) по каталитическому действию на реакцию восстановления железа (III) тиосульфат-ионом // Вестник Московского университета. Серия 2: химия. 2021. Т. 62. № 4. С. 356-359. EDN: DUMDMY

10. Гавриленко Н. А., Саранчина Н. В. Твердофазная экстракция и спектрофотометрическое определение меди (II) с использованием полиметакрилатной матрицы // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2008. Т. 74. № 1. С. 6-8.

11. Шапиев Б. И., Идрисова А. Х. Способ определения меди в воде // Патент Российской Федерации RU 2792612 C1. МПК G01N 21/78. Дата подачи заявки: 12.07.2022. Опубликовано: 22.03.2023. EDN: PDULQG

with copper. *Agrohimia.* 2018(4):88-94. (In Russ). DOI: 10.7868/S0002188118040129. EDN: OWECGX

4. Teplay GA. Heavy metals as a factor of environmental pollution (review). *Astrakhan Bulletin of Environmental Education.* 2013(1(23):182-192. (In Russ). DOI: 10.7868/S0002188118040129. EDN: OWECGX

5. Cheltygmasheva IS, Chernykh NA. Quality of plant products under conditions of heavy metal pollution. Moscow: Orgservis-2000, 2004:95. (In Russ)

6. Erokhina NI, zernaeva LA. Improving the reproductive function of cattle by preventing copper deficiency in the body. *Innovatika i Ekspertiza. Nauchnye Trudy.* 2020(2(30):170-177. (In Russ). DOI: 10.35264/1996-2274-2020-2-170-177. EDN: VZGUZH

7. Russian National Standard 4388-72. Drinking water. Methods for determination of copper content: Introduction Date 01.01.1974. URL: clck.ru/3DPDwT (accessed 23.03.2024). (In Russ)

8. Didukh SL, Losev VN. Adsorption-photometric and test-determination of copper in aqueous media using the oxides modified with polyhexamethylene guanidine and bathocuproinedisulfonic acid. *Analytics and Control.* 2017;21(1):49-56. (In Russ). DOI: 10.15826/analitika.2017.21.1.005. EDN: YHFKTT

9. Pratskova SE, Ageenko EI. Photometric determination of copper(ii) by the catalytic action on the reaction of iron(iii) reduction with thiosulfate ion. *Moscow University Chemistry Bulletin.* 2021;62(4):356-359. (In Russ). EDN: DUMDMY

10. Gavrilenko NA, Saranchina NV. Solid-phase extraction and spectrophotometric determination of copper (II) using a polymethacrylate matrix. *Industrial Laboratopy. Materials Diagnostics.* 2008;74(1):6-8. (In Russ)

11. Shapiev BI, Idrisova AKH. Method for determining copper in water. Patent of the Russian Federation No. RU 2792612 C1. MPK G01N 21/78. Filing date: 12.07.2022. Published: 22.03.2023. (In Russ). EDN: PDULQG

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Идрисова Аида Хановна, кандидат химических наук, доцент кафедры общей и биологической химии, Дагестанский государственный медицинский университет, Махачкала, Россия, eco-medicine@yandex.ru

Шапиев Бамматгерей Исламгереевич, кандидат химических наук, доцент кафедры общей и биологической химии, научный сотрудник НИИ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Aida Kh. Idrisova, Ph.D. (Chemistry), Associate Professor, Department of General and Biological Chemistry, Dagestan State Medical University, Makhachkala, Russia, eco-medicine@yandex.ru

Bammatgerey I. Shapiev, Ph.D. (Chemistry), Associate Professor, Department of General and Biological Chemistry, Researcher, S. A. Abusuev Research Institute of Environmental Medicine, Dage-

экологической медицины им. Абусуева С. А., Дагестанский государственный медицинский университет, Махачкала, Россия, bammatsh@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5108-465X

stan State Medical University, Makhachkala, Russia, bammatsh@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5108-465X

Критерии авторства

Идрисова А. Х., Шапиев Б. И. внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

Idrisova A. Kh, Shapiev B. I. made equivalent contributions to the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 29.12.2023
Одобрена после рецензирования 24.06.2024
Принята к публикации 24.06.2024

The article was submitted 29.12.2023
Approved after reviewing 24.06.2024
Accepted for publication 24.06.2024

Химические науки / Chemical Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 544.2:544.7
DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-17-29
EDN: ZEWTZE

Изучение термодинамических особенностей имидазолинового ингибитора адсорбционного принципа действия в сероводородсодержащих средах

© 2024 Карачевский Д. Ю.✉, Мустафин А. Г.
Уфимский Институт химии Российской академии наук
Уфа, Россия, daniilkarachevskij@gmail.com✉; agmustafin@gmail.com

РЕЗЮМЕ. Целью данной работы явилось установление закономерности коррозионного поведения имидазолинового ингибитора коррозии в сероводородсодержащих средах. **Метод.** Данное исследование проводилось при помощи кинетических и термодинамических показателей современного имидазолинового ингибитора в сероводородсодержащих средах. Исследовано влияние ингибирующей активности ингибиторной композиции в процессе защиты от коррозии металлической поверхности в зависимости от концентрации ингибитора (20-400 мг/л), температуры (20-70), экспозиции (24-720 ч). **Результаты.** Представлены изображения поверхности металла в процессе коррозии, полученные с помощью растрового электронного микроскопа. На основании построения изотерм Ленгмюра, Темкина, Эль-Авади, Фрейндлиха адсорбции различных моделей показан механизм сорбции и предложен механизм действия данного ингибитора. **Вывод.** Ингибирование коррозии протекает по смешанному механизму физической и химической адсорбции, что доказано с помощью полученных экспериментально значениями энергии активации, энтальпии и энтропии активации, энергии Гиббса, зависимостью величины сорбции от равновесной концентрации ингибитора на поверхности сорбента.

Ключевые слова: ингибитор, коррозия, кинетика, физическая химия, адсорбция, термодинамика.

Благодарность

Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту № 122031400278-2.

Формат цитирования: Карачевский Д. Ю., Мустафин А. Г. Изучение термодинамических особенностей имидазолинового ингибитора адсорбционного принципа действия в сероводородсодержащих средах // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2024. Т. 18. № 2. С. 17-29. DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-17-29. EDN: ZEWTZE

Study of Thermodynamic Features of Adsorption Action Principle Imidazoline Inhibitor in Hydrogen Sulfide-Containing Environments

© 2024 Daniil Y. Karachevsky✉, Akhat G. Mustafin
Ufa Institute of Chemistry of the Ufa Federal Research Center
of the Russian Academy of Sciences
Ufa, Russia, daniilkarachevskij@gmail.com✉; agmustafin@gmail.com

ABSTRACT. The **aim** of the paper was to establish the pattern of corrosion behavior of imidazoline corrosion inhibitor in hydrogen sulfide-containing environments. **Method.** This study was conducted using kinetic and thermodynamic parameters of a modern imidazoline inhibitor in hydrogen sulfide-containing environments. The effect of the inhibitory activity of the inhibitor composition in the process of protecting a metal surface from corrosion was studied depending on the inhibitor concentration (20-400 mg/l), temperature (20-70), and exposure (24-720 h). **Results.** The paper presents images of the metal surface during corrosion obtained using a scanning electron microscope. The paper presents images of the metal surface during corrosion obtained using a scanning electron microscope. Based on the construction of Langmuir, Temkin, El-Awadi, Freundlich adsorption isotherms of various models, the sorption mechanism is shown and the mechanism of this inhibitor action is proposed. **Conclusion.** Corrosion inhibition occurs by a mixed mechanism of physical and chemical adsorption, which is proven by experimentally obtained values of activation energy, activation enthalpy and entropy, Gibbs energy, and the dependence of the sorption value on the equilibrium inhibitor concentration on the sorbent surface.

Keywords: inhibitor, corrosion, kinetics, physical chemistry, adsorption, thermodynamics.

Acknowledgment
The research was supported financially by the State Assignment for project No. 122031400278-2.

For citation: Karachevsky DYu, Mustafin AG. Study of Thermodynamic Features of Adsorption Action Principle Imidazoline Inhibitor in Hydrogen Sulfide-Containing Environments. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2024;18(2):17-29. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-17-29. EDN: ZEWTZE

Введение

В настоящее время существует достаточно большое количество промышленных марок ингибиторов коррозии на основе различных по строению имидазолинов [1-3].

Данный тип ингибиторов обладает достаточно большим количеством положительных свойств и может применяться в различных по кислотности средах. Среди представителей ингибиторов, применяемых в сероводородсодержащих средах на рынке представлены следующие: Нефтехим 1М, Нефтехим НС, СНПХ, Нефтехим-15. Указанные ингибиторы характеризуются относительно невысокой дозировкой и аналогичной массовой долей активной основы ингибитора. Также следует отметить, что данные ингибиторы могут работать в различных модельных средах с большим содержанием соляной и серной кислоты, сероводорода, а также в условиях с присутствием сульфатвосстанавливающих бактерий.

Материалы и методы исследования

Состав исследуемого ингибитора представлен в таблице 1.

Процесс получения композиции не требует сложного материально-технического исполнения и может производиться в условиях сложной экономической ситуации. Ингибитор является продуктом взаимодействия хлорсодержащих производных предельных углеводородов и третичных аминов с образованием соединений имидазолинового ряда. Состав активной основы изучаемого ингибитора представлен в таблице 2.

Активная основа представляет собой смесь имидазолинов ряда C_{10}-C_{30} с наибольшим содержанием более легких компонентов. В качестве добавки повышающей ингибирующую способность используют уротропин [2]. Соляная кислота в данной композиции выступает в качестве антифриза для использования продукта при низких температурах до -35 °С [3].

Таблица 1. **Состав и характеристика ингибитора**
Table 1. Composition and characteristics of the inhibitor

Состав Composition	**Массовая доля, % масс** Mass fraction, % mass
Активная основа	15
Вода	35
Соляная кислота	5
Уротропин	45
Массовая доля органических хлоридов	0,1

Таблица 2. **Состав активной основы ингибитора**
Table 2. Composition of the inhibitor active base

Компонент Component	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_{17}	$C_{18\text{-}30}$
Массовая доля, % масс	23	18,3	15,1	9,6	7,9	5,4	4,2	2,6	13,9

Целью данной работы явилось установление закономерности коррозионного поведения имидазолинового ингибитора коррозии в сероводородсодержащих средах.

Результаты и их обсуждение

Модельная среда представляет собой среду NACE с добавлением H_2S в дозировке 200 мг/л [1]

Изучение кинетических закономерностей растворения железа.

Изучение кинетических закономерностей растворения железа и сталей представляет интерес как для практики защиты металлоконструкций, так и для развития фундаментальных представлений о коррозионных процессах при низких электродных потенциалах. С практической точки зрения исследование процессов такого рода важны и в связи с тем, что в данных условиях на металле протекает реакция катодного выделения водорода, вызывающая наводороживание материала. Общеизвестным фактом является то, что наводороживание – одна из основных причин коррозионного растрескивания сталей, приводящая к снижению надежности в эксплуатации [2; 3].

Проведение эксперимента.

Для изучения скорости коррозионного разрушения в сероводородсодержащих средах изучен эффект изменения массы образца при температурах 20, 45, 70 °С. Для изучения влияния ингибитора на процесс коррозии выбран довольно широкий интервал концентраций 20-400 мг/л. Образец стали после исследования коррозии опускали в дистиллированную воду и погружали в раствор метанола, который очищали для удаления оставшихся кислот и остаточной концентрации ингибитора. После этого металлическую пластинку тщательно обрабатывали промывочным раствором, ополаскивали дистиллированной водой и затем сушили в ацетоне перед повторным взвешиванием [4].

Уравнения, использованные для изучения кинетических закономерностей коррозии.

Уравнение, использованное для изучения степени защиты:

$$Э,\% = \frac{m_0 - m_1}{m_0} Ч100\ \%, \qquad (1)$$

где m_0 – масса металлической пластинки исходная, г.

m_1 – масса металлической пластинки конечная, г.

Уравнение, использованное для изучения изменения массы образца:

$$\Delta W, г = m_0 - m_1 \qquad (2)$$

Уравнение, использованное для измерения скорости коррозии:

$$СК, (г Ч см^{-2} Ч ч^{-1}) = \frac{\Delta W}{S \times T} \qquad (3)$$

где S – площадь поверхности, $м^2$

t – время экспозиции, ч.

Указанные уравнения позволяют изучить основные показатели коррозии.

Гравиметрические измерения.

Потерю веса образца определяли при различных концентрациях ингибитора с использованием приведенного выше уравнения 2. Полученные результаты приведены на рисунке 1. В присутствии ингибитора по сравнению с образцами без ингибитора наблюдается уменьшение потери массы металлических образцов.

Во многих работах [5; 6] указано, что механизм ингибирования имидазолинов основан на их способности поглощаться (сорбироваться) поверхностью корродирующих металлов с протекающим одновременно процессом десорбции реактантов с поверхности металла [6]. При этом

данный тип взаимодействия осуществляется лишь на доступной для молекул реагентов реакционной металлической поверхности. При этом на поверхности одних веществ может происходить только физическая адсорбция, в других случаях можно наблюдать хемосорбцию с образованием прочной химической связи. Также может наблюдаться одновременное сочетание физической и химической сорбции при взаимодействии реагентов с твердой поверхностью. Тип и прочность поверхностного взаимодействия реагентов (ингибиторов) с твердым веществом обусловливаются химическим строением твердого тела, а также сродством активных центров на поверхности металла по отношению к молекулам реагентов.

Экспериментально было доказано (рис. 1), что эффективность ингибитора увеличивается при повышении концентрации ингибитора, но снижается со временем воздействия.

По времени экспозиции можно сделать заключение о том, что длительное нахождение ингибитора приводит к образованию постоянной пленки, предотвращающей дальнейшую коррозию поверхности металла. При этом следует учесть, что одновременное снижение эффективности ингибитора может быть вызвано десорбцией ингибитора коррозии с поверхности металла.

По итогам исследования была определена наиболее эффективная концентрация ингибитора – 200 мг/л, так как последующее увеличение дозировки не приводило к значительному снижению скорости коррозии. На основании проведенных экспериментов установлено, что увеличение концентрации ингибитора значительно влияет на кинетические параметры скорости коррозии, при этом в определенный момент скорость коррозии практически остается неизменной и дальнейшее увеличение концентрации приводит лишь к повышенному расходу ингибитора.

Кинетика и термодинамика процесса коррозии.

На рисунке 2 показана зависимость log (потери веса) от времени воздействия в часах в присутствии и отсутствии ингибитора коррозии. В данном случае наблюдается линейная зависимость между наклоном к оси асбцисс и k (константой скорости), что свидетельствует о протекании реакции первого порядка коррозионного процесса в сероводородсодержащей среде, о чем свидетельствует экспериментально полученный коэффициент корреляции. Константа скорости и параметры периода полураспада приведены в таблице 3.

Энергия активации (E_a), энтальпия активации (ΔH°) и энтропия активации (ΔS°) – важные условия для осуществления взаимодействия между реактантом и активными центрами на поверхности стали, которые позволяют также установить характер взаимодействия ингибитора с металлической поверхностью в процессе коррозии [6].

Положительные значения энтропии и энтальпии активации часто указывают на диссоциативный механизм, в котором неустойчивый активированный комплекс, образованный ингибитором и активными центрами на поверхности стали, слабо связан и может диссоциировать (разложиться). Отрицательные значения энтропии и энтальпии активации указывают на то, что два партнера по взаимодействию образуют прочный активированный комплекс [7]. В данном случае указанные показатели рассчитывались с учетом следующих условий: без ингибитора, а также при дозировке ингибитора 50, 200, 400 мг/л.

Таблица 3. **Период полураспада и основные параметры скорости при различных концентрациях ингибитора коррозии**

Table 3. Half-life and main rate parameters at different concentrations of corrosion inhibitor

Концентрация мг\л Concentration mg\l	**Скорость коррозии г/см²×ч** Corrosion rate g/cm²×h	**Период полураспада, с** Half-life, s	**Показатель корреляции** Correlation index
Без ингибитора	0.013941	49.71	0.963
20	0.013841	50.07	0.9804
50	0.013573	51.06	0.975
100	0.013466	51.46	0.9762
200	0.013396	51.73	0.9383
300	0.013281	52.18	0.9883
400	0.013082	52.97	0.9863

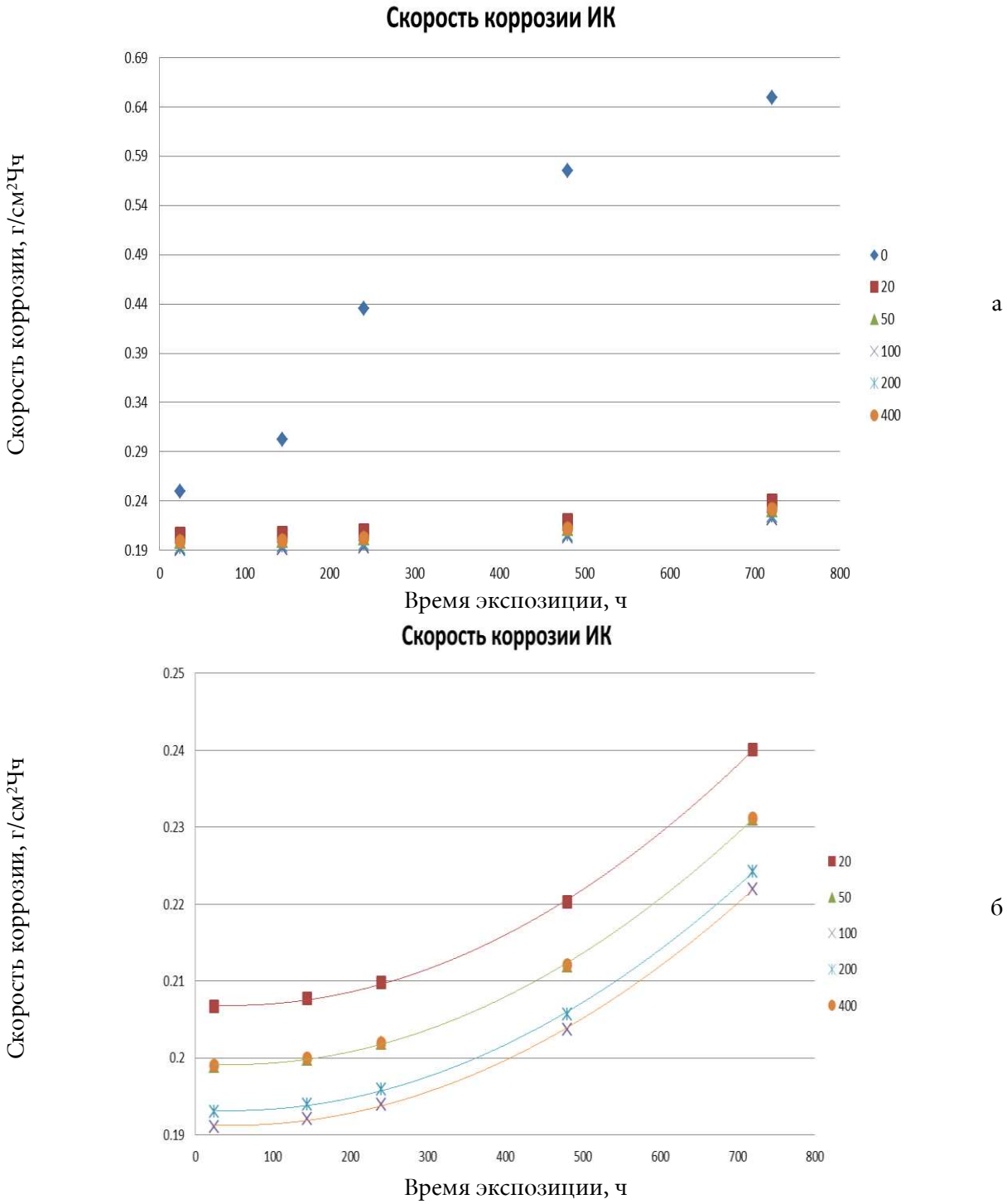


***Рис. 1.* Изменение массы образцов по времени: а) с точками без ингибитора; б) значения в присутствии ингибитора**

Fig. 1. Change in sample mass over time: a) with points without inhibitor; б) values in the presence of inhibitor

Энергия активации рассчитывалась согласно уравнению 4.

$$\log C_R = \log A - \frac{E_a}{2.303 * R * T} \quad (4)$$

где C_R – скорость коррозии, г/см^{2}*ч.

E_a – энергия активации, кДж/моль,

R – универсальная газовая постоянная,

T – температура среды, °C.

Для расчета энтальпии и энтропии адсорбции процесса коррозии в присутствии и отсутствии ингибитора в сероводород-

содержащей среде использовалось уравнение 5 теории переходного состояния.

ΔG^0_{ads}= - RTln(55,5 K), кДж/моль (5)

На рисунке 3 приведена зависимость logCR/T от обратной температуры (1/T), по углу наклона которой определена энергия активации процесса коррозии (табл. 4).

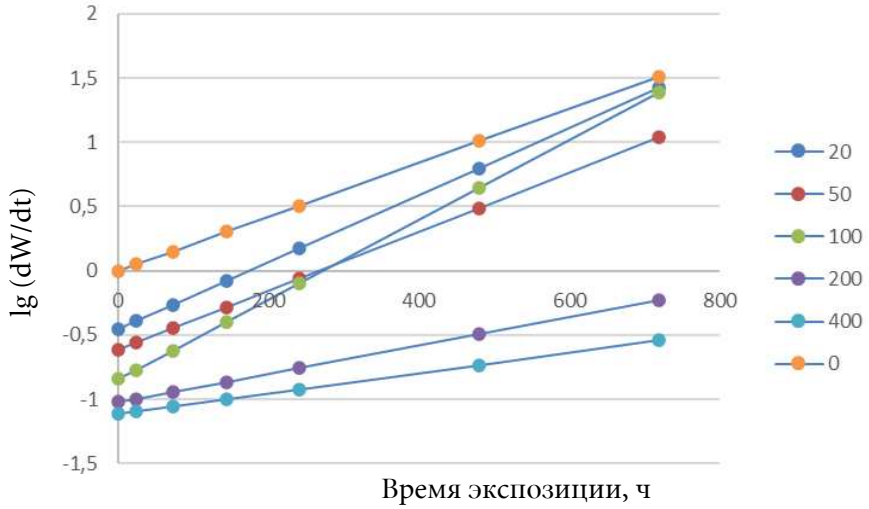


Рис. 2. **Кинетические кривые зависимости реакции первого порядка ингибирования стали 10**
Fig. 2. Kinetic curve of the dependence of the first-order reaction of steel 10 inhibition

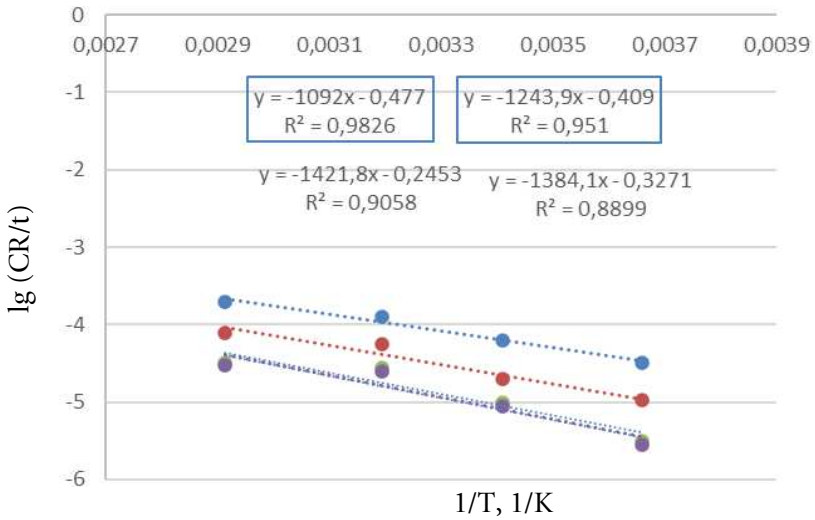


Рис. 3. **Зависимость logCR/T от обратной температуры в отсутствии и присутствии ингибитора**
Fig. 3. Dependence of logCR/T on the reciprocal temperature in the absence and presence of inhibitor

Таблица 4. **Кинетические E_a и термодинамические величины ΔH_o, ΔS_o адсорбции процесса ингибирования**
Table 4. Kinetic E_a and thermodynamic values ΔH_o, ΔS_o of the inhibition process adsorption

Концентрация мг/л Concentration mg/l	**Ea (кДж*моль$^{-1}$)** Ea (kJ*mol^{-1})	**ΔHo (кДж*моль$^{-1}$)** ΔHo (kJ*mol^{-1})	**ΔSo (Дж*моль$^{-1}$*K^{-1})** ΔSo (J*mol^{-1}*K^{-1})
Без ингибитора	65.87	63.28	297.10
50	77.45	74.77	324.72
200	91,81	89,13	363,66
400	100.14	97.55	388.07

Исходя из приведенных в таблице 4 результатов, можно утверждать, что значения энергии активаций коррозии увеличивались с повышением концентрации ингибитора. Эта тенденция сохраняется в зависимости эффективности ингибирования от температуры. Значение E_a (энергия активации) в растворе без ингибитора равно 65,87 кДж/моль и повышается при увеличении концентрации ингибиторов с 50 мг/л (77,45 кДж/моль) до 400 мг/л (100,14 кДж/моль). Наблюдаемый эффект можно связать с возникновением физического барьера, образованного адсорбированными молекулами на поверхности мягкой стали, что увеличивает расход энергии, необходимой для протекания коррозионной реакции.

Известно, что низкие значения E_a (не более 10 кДж/моль) свидетельствуют о протекании физической сорбции за счет электростатических сил между активными сорбционными центрами на поверхности металла и реактантами (ингибиторами) [8]. Более высокие значения E_a, как правило, свидетельствуют о протекании хемосорбции. В данном случае наблюдаемые значения E_a в присутствии ингибитора можно объяснить протеканием химической сорбции наряду с одновременно протекающей физической сорбцией. При этом реакция коррозии будет подавляться на поверхности металла и происходить на непокрытых ингибитором металлических поверхностях, что приводит к эффекту увеличения E_a. Таким образом, в процессе взаимодействия имидазолинов с поверхностью стали в серосодержащих средах протекает как физическая, так и химическая сорбция.

Энтропия активации (ΔS^o) в отсутствии и присутствии ингибитора показала положительные значения. Наблюдаемые значения свидетельствуют о так называемом диссоциативном механизме, в котором нестабильный активированный комплекс, образованный ингибитором и активными центрами на поверхности стали, слабо связан и может диссоциировать. При этом чем выше концентрация ингибитора, тем большее количество активированного комплекса образуется на металлической поверхности, что также влияет на скорость коррозионного процесса. Следует отметить, что упорядоченность в системе повышается по мере перехода ингибиторов в активированный комплекс при взаимодействии с активными центрами на поверхности металла.

Значения энтальпии активации (ΔH^o) в присутствии и отсутствии ингибитора также показали близкие по значениям положительные величины, что указывает на протекание одновременно хемосорбции и физической сорбции имидазолинов с частью активных центров на поверхности стали, обладающих высоким сродством к молекулам ингибитора.

Таким образом, можно сделать вывод, что скорость коррозии металла в кислых средах зависит от значений энергии активации: чем выше значение энергии активации, тем более высокая температура необходима для снижения эффективности ингибирования [3].

Изотермы адсорбции.

Для оценки сорбционных характеристик и анализа процессов на поверхности границы раздела фаз были построены и протестированы линеаризованные изотермы различных моделей сорбции: Ленгмюра, Фрейндлиха, Темкина и Эль-Авади.

Коэффициент детерминации линейной регрессии (R^2) использовался для определения модели, которая наилучшим образом соответствовала экспериментальным значениям.

Модель Ленгмюра основана на том, что на поверхности сорбента образуется мономолекулярный слой адсорбата, при этом все активные центры обладают равной энергией. Линейная форма уравнения Ленгмюра имеет следующий вид:

$$\frac{C}{\theta}=\frac{1}{K}+C \qquad (6)$$

где K – константа адсорбции,

C – концентрация ингибитора, мг/л.

В основе модели адсорбции Фрейндлиха лежит положение, что масса адсорбата, приходящаяся на единицу массы адсорбента, пропорциональна равновесной концентрации адсорбата. Адсорбционные центры по этой модели обладают различными величинами энергии, поэтому в первую очередь происходит заполнение активных сорбционных центров с максимальной энергией.

Модель Темкина содержит параметр K_{ads}, который учитывает взаимодействие между адсорбционными центрами и ионами. Кроме того, данная модель пред-

полагает, что теплота адсорбции молекул в слое линейно уменьшается по мере заполнения слоя из-за отталкивания ионов железа.

$$\Theta=\frac{1}{f}\ln(K_{ads}{}^{*}C) \quad (7)$$

f – конфигурационный фактор, который зависит от физической модели и предположения, лежащего в основе вывода изотермы,

$K_{адс}$ – константа адсорбции ингибитора на поверхности, кДж/моль

С – концентрация ингибитора, мг/л.

Для расчета изотермы Эль-Авади пользовались уравнением. Данная модель отражает адсорбционное поведение ингибитора на поверхности железа [9].

$$\log(\Theta/(1-\Theta)=\log k+y\log C \quad (8)$$

С учетом математических уравнений вышеуказанных моделей сорбции построены линеаризованные изотермы сорбции. Графическим методом рассчитаны константы с учетом угла наклона прямой к оси асбцисс отсечения прямых на оси ординат в соответствующих координатах линейного уравнения (рис. 4-7).

Значения коэффициентов корреляции (R^2), приведенные в таблицах 4-7, показывают, что исследованный сорбционный процесс наилучшим образом описывается моделью Ленгмюра.

По данным, приведенным в таблицах 4-7, видно, что полученные в соответствии со всеми вышеуказанными моделями сорбции константы имеют довольно большие значения, что свидетельствует о высоком сродстве адсорбата к адсорбенту. Приведенные в таблице 4 значения параметров сорбции (выше 20 при 20 °С) и в таблице 5 (выше 1 при 20 °С) свидетельствуют о высокой эффективности сорбции ингибитора на поверхности стали.

Полученные отрицательные значения ΔG_{ads} (-10,93-18,64 кДж*моль$^{-1}$) объясняют высокую сорбционную эффективность стали по отношению к ингибитору.

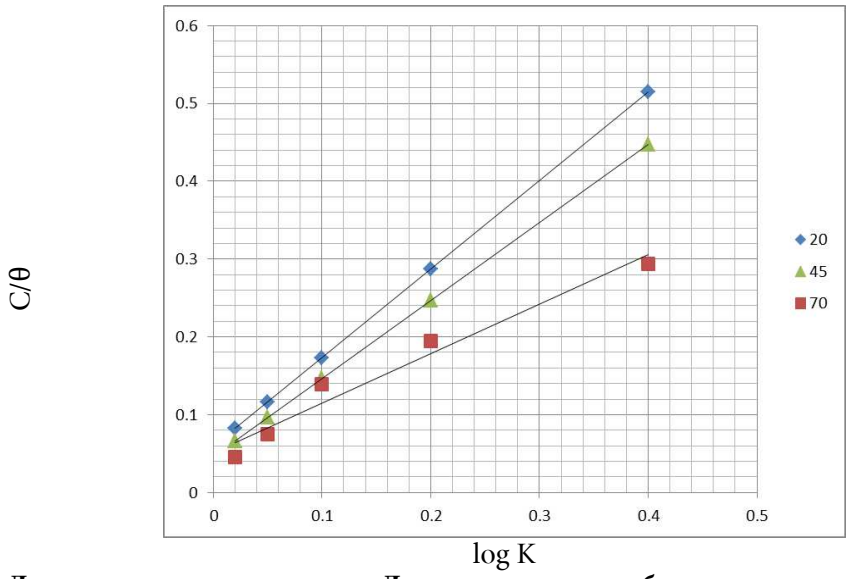


Рис. 4. **Линеаризованная изотерма Ленгмюра для ингибитора на основе парафинов в процессе коррозии стали 10 в серосодержащих средах**

Fig. 4. Linearized Langmuir isotherm for a paraffin-based inhibitor during the corrosion of steel 10 in sulfur-containing environments

Таблица 5. **Параметры изотермы Ленгмюра**

Table 5. Langmuir isotherm parameters

Temp., (K)	Kads , моль/г	R2	ΔG^0 (кДж/моль)
20	21.46	0.9996	-18.14
45	10.47	0.9973	-16.83
70	16.78	0.9988	-18.64

Таблица 6. **Параметры изотермы Фрейндлиха**
Table 6. Freundlich isotherm parameters

Temp., (K)	Kads , моль/г	R2	ΔG^0 (кДж/моль)
20	1.289	0.9925	-10.93
45	1.165	0.9803	-11.02
70	1.187	0.9578	-11.42

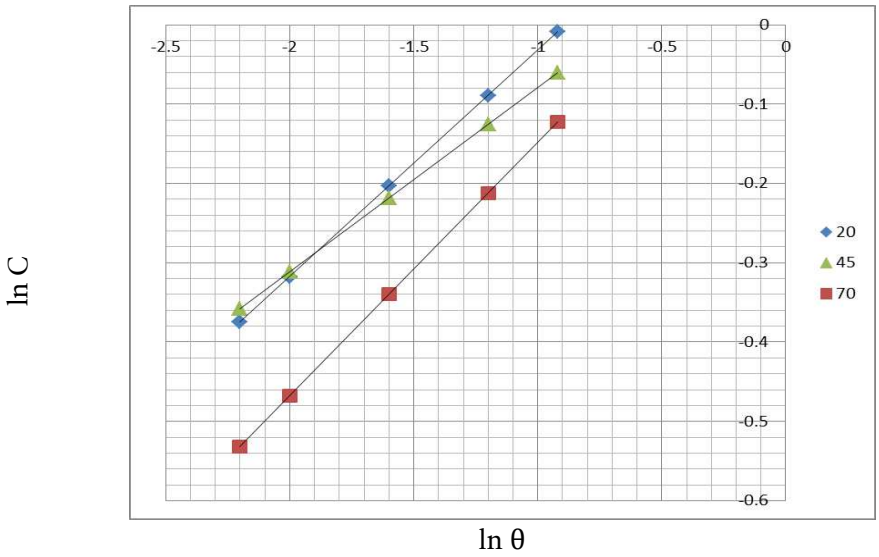


Рис. 5. **Линеаризованная изотерма Фрейндлиха для ингибитора на основе имидазолинов в процессе коррозии стали 10 в серосодержащих средах**
Fig. 5. Linearized Freundlich isotherm for an imidazoline-based inhibitor during the corrosion of steel 10 in sulfur-containing environments

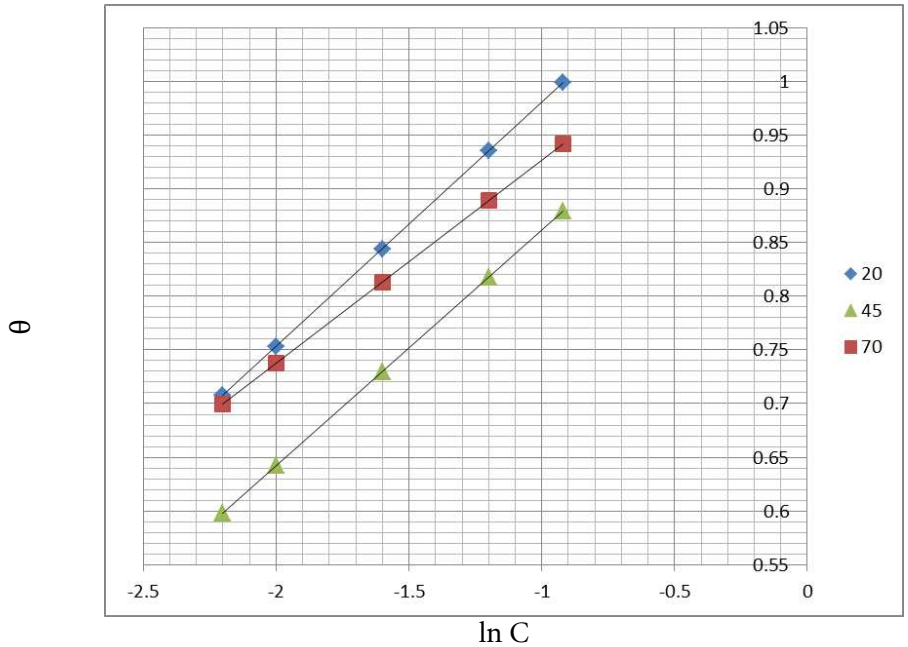


Рис. 6. **Линеаризованная изотерма Темкина для ингибитора на основе имидазолинов в процессе коррозии стали 10 в серосодержащих средах**
Fig. 6. Linearized Temkin isotherm for an imidazoline-based inhibitor during the corrosion of steel 10 in sulfur-containing environments

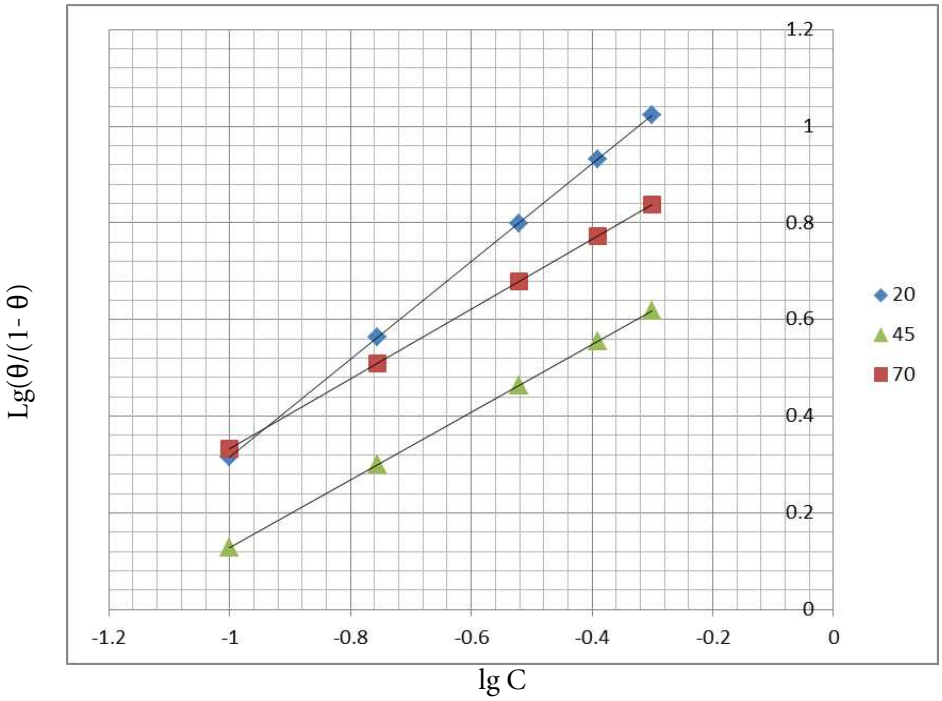


Рис. 7. **Линеаризованная изотерма Эль-Авади для ингибитора на основе имидазолинов в процессе коррозии стали 10 в серосодержащих средах**

Fig. 7. Linearized El-Awadi isotherm for imidazoline-based inhibitor during corrosion of steel 10 in sulfur-containing environments

Таблица 7. **Параметры изотермы Темкина**

Table 7. Temkin isotherm parameters

Temp., (K)	Kads , моль/г	R2	ΔG^0 (кДж/моль)
20	202.42	0.9349	-23.88
45	460.73	0.9465	-26.83
70	137.72	0.9158	-24.38

Таблица 7. **Параметры изотермы Эль-Авади**

Table 7. El-Awadi isotherm parameters

Temp., (K)	Kads , моль/г	R2	ΔG^0 (кДж/моль)
20	21.24	0.9858	-18.11
45	11.34	0.9808	-17.04
70	6.74	0.9625	-16.16

Таким образом, из результатов таблиц 5-7 можно сделать вывод о том, что высокие значения констант адсорбции, коэффициентов регрессии R^2, отрицательных значений изобарно-изотермического потенциала ΔG^0 указывают на эффективное ингибирование поверхности и сильное взаимодействие между слоем, существующим на границе раздела фаз и адсорбированными молекулами ингибитора.

Для уточненного описания явления адсорбции построена экспериментальная изотерма сорбции.

Данные, полученные после построения линеаризованных изотерм, использовались для расчета константы сорбции по модели Фрейндлиха.

Данная изотерма (рис. 8) согласуется с 1 типом изотермы адсорбции, что характерно механизм сорбции – мономолекулярный [3].

Исследование поверхности образцов стали 10.

Для более точной оценки коррозионных процессов, протекавших на поверхности металла, был исследован химический состав продуктов коррозии на поверхности металлического образца методами энергодисперсионного микрорентгеноспектрального анализа.

В качестве объекта исследования были выбраны два образца, представляющие собой крайние значения скорости коррозии и степени защиты (0 мг/л и 200 мг/л ингибитора). Время экспозиции 720 часов.

Как показал анализ, поверхность металла без ингибитора в кислой среде представляет собой большое количество кратеров. Также на одной из поверхностей обнаружен значительный скол, откуда была отобран образец продукта коррозии.

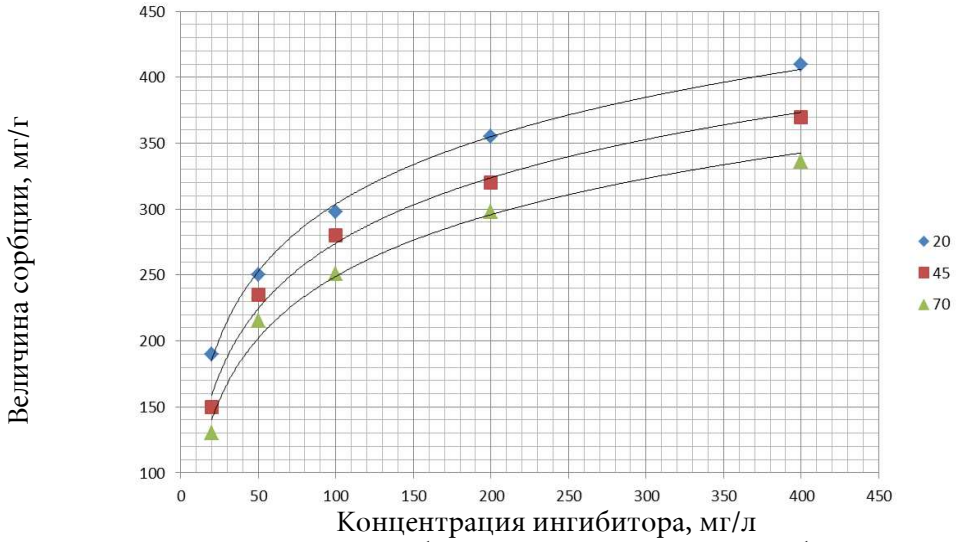


***Рис. 8.* Изотерма сорбции для исследуемого ингибитора**
Fig. 8. Sorption isotherm for the studied inhibitor

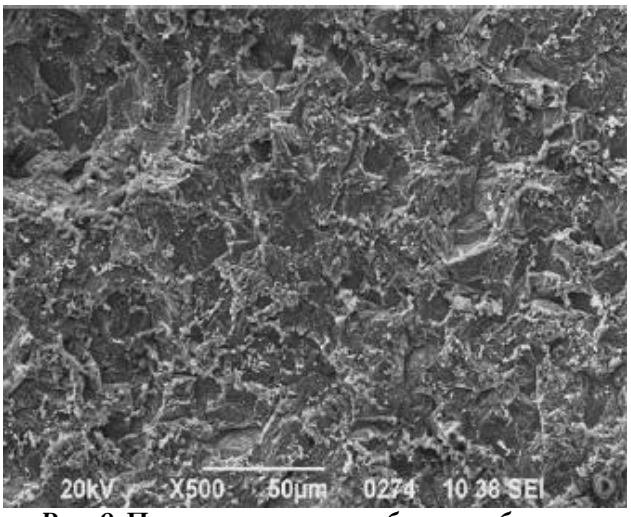


***Рис. 9.* Поверхность стали без ингибитора**
Fig. 9. Steel surface without inhibitor

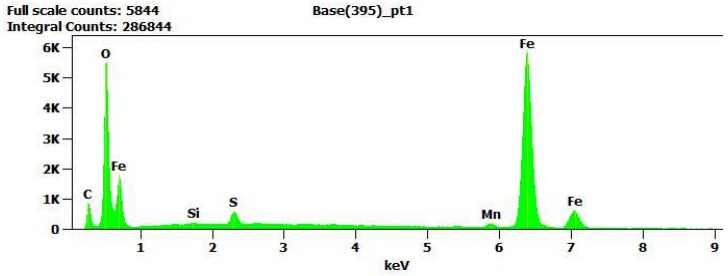


***Рис. 10.* Состав отложений, полученный энергодисперсионным микрорентгеноспектральным методом**
Fig. 10. Sediment composition obtained by energy-dispersive micro-X-ray spectral method

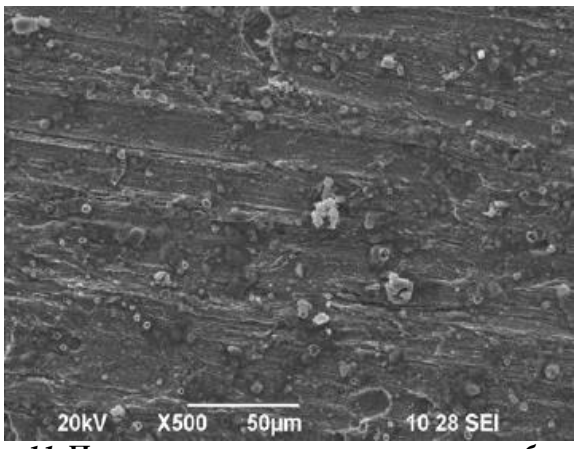


Рис. 11. **Поверхность металла в среде ингибитора**
Fig. 11. Metal surface in an inhibitor environment

Отложения на поверхности стали 10 состоят из оксидов железа и соединений серы (в основном сульфид железа). После использования имидазолиновой композиции количество серы значительно сократилось, что указывает на хорошее ингибирующее воздействие. Также более гладкая поверхность стали, которая находилась в среде ингибитора, свидетельствует о том, что имидазолиновая композиция обладает высокими адсорбционными свойствами и хорошо защищает от воздействия среды.

Заключение

В настоящей работе были изучены кинетические и термодинамические величины процесса ингибирования, получены зависимости ингибирования от температуры и концентрации. Проведена предварительная оценка ингибирующей способности от времени и степени защиты, которые являются основополагающими показателями при выборе ингибитора.

Определены константы сорбции при различных температурах; энергия активации и значения энтропии и энтальпии реакции.

Ингибирование коррозии с использованием композиции на основе имидазолинов на поверхности стали 10 протекает по смешанному механизму физической и химической адсорбции, что доказано с помощью полученных экспериментально значениями энергии активации, энтальпии и энтропии активации, энергии Гиббса, зависимостью величины сорбции от равновесной концентрации ингибитора на поверхности сорбента.

Список источников

1. Kharitonov DS, Kurilo II, Wrzesińska A, Zharskii IM. Corrosion inhibition of AA6063 alloy by vanadates in alkaline media. *Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik.* 2017;48(7):646-660. DOI: 10.1002/mawe.201600752

2. Kharitonov DS, Kurilo II, Zharskii IM. Effect of sodium vanadate on corrosion of AD31 aluminum alloy in acid media. *Russian Journal of Applied Chemistry.* 2017;90(7):1089-1097. DOI: 10.1134/S1070427217070102. EDN: XNNCZJ

3. Карачевский Д.Ю., Мустафин А.Г., Валекжанин И.В. Изучение ингибирующих свойств кетоксимов в сероводородсодержащих средах // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2024. № 2(148). С. 86-98. DOI: 10.17122/ntj-oil-2024-2-86-98. EDN: WXURZG

4. Кравцов Е. Е., Вострикова Д. А., Исмаилова Ф. Г., Гибадуллин Р. Ф., Китаева Э. Б., Сычев М. А., Калиев С. Г., Огородникова Н. П., Старкова Н. Н., Кондратенко Т. С. Ингибитор коррозии металлов в

References

1. Kharitonov DS, Kurilo II, Wrzesińska A, Zharskii IM. Corrosion inhibition of AA6063 alloy by vanadates in alkaline media. *Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik.* 2017;48(7):646-660. DOI: 10.1002/mawe.201600752

2. Kharitonov DS, Kurilo II, Zharskii IM. Effect of sodium vanadate on corrosion of AD31 aluminum alloy in acid media. *Russian Journal of Applied Chemistry.* 2017;90(7):1089-1097. DOI: 10.1134/S1070427217070102. EDN: XNNCZJ

3. Karachevsky DYu, Mustafin AG, Valekzhanin IV. Studying the inhibitory properties of ketoximes in hydrogen sulfide-containing environments. *Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products.* 2024;2(148):86-98. (In Russ). DOI: 10.17122/ntj-oil-2024-2-86-98. EDN: WXURZG

4. Kravtsov EE, Vostrikova DA, Ismailova FG, Gibadullin RF, et al. Inhibitor of metal corrosion in sulfuric and hydrochloric acids. Patent of the Russian Federation No. 2487193, IPC C23F11/04. Fil-

серной и соляной кислотах // Патент Российской Федерации № 2487193, МПК C23F11/04. Дата подачи заявки: 14.12.2011. Опубликовано: 10.07.2013.

5. Jones LW. Corrosion and water technology for petroleum producers. Tulsa: Oil & Gas Consultants International, 1998:202.

6. Завьялов В. В. Проблемы эксплуатационной надежности трубопроводов на поздней стадии разработки месторождений. М.: ВНИИОЭНГ, 2005. 331 с.

7. Карачевский Д. Ю., Мустафин А. Г., Валекжанин И. В. Подбор оптимальной композиции ингибитора коррозии на основе имидазолина с кетоном или кетоксимом в кислотной среде // Экспозиция. Нефть. Газ. 2024. № 3(1-4). С. 50-55. DOI: 10.24412/2076-6785-2024-3-50-55. EDN: OOVITD 8. Гоник А. А. Коррозия нефтепромыслового оборудования и меры ее предупреждения. М.: Недра, 1976. 192 с.

9. Воды нефтяных и газовых месторождений СССР: Справочник / под ред. Л. М. Зорькина. М.: Недра, 1989. 382 с.

ing date: 14.12.2011. Published: 10.07.2013. (In Russ).

5. Jones LW. Corrosion and water technology for petroleum producers. Tulsa: Oil & Gas Consultants International, 1998:202.

6. Zavyalov V. V. Problems of operational reliability of pipelines at a late stage of field development. Moscow: VNIIOENG, 2005:331. (In Russ).

7. Karachevsky DYu, Mustafin AG, Valekzhanin IV. Selection of the optimal composition of an imidazoline-based corrosion inhibitor with ketone or ketoxime in an acidic environment. *Exposition. Oil. Gas.* 2024;3(1-4):50-55. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2024-3-50-55. EDN: OOVITD

8. Gonik AA. Corrosion of oilfield equipment and measures to prevent it. Moscow: Nedra, 1976:192. (In Russ).

9. Zorkin LM. (ed.). Waters of oil and gas fields in the USSR: Handbook. Moscow: Nedra, 1989:382. (In Russ).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Карачевский Даниил Юрьевич, аспирант, лаборатория органических функциональных материалов, Уфимский Институт химии Российской академии наук, Уфа, Россия, daniilkarachevskij@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-0245-8184

Мустафин Ахат Газизьянович, доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник, лаборатория органических функциональных материалов, Уфимский Институт химии Российской академии наук, Уфа, Россия, agmustafin@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-8342-8787

Критерии авторства

Карачевский Д. Ю. – методология, постановка цели, анализ, заключение и выводы по работе, корректирование рукописи до подачи в редакцию, написание статьи; Мустафин А. Г. – редактирование статьи, графический дизайн, подготовка библиографии и перевод, обзор литературных источников информации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 03.06.2024
Одобрена после рецензирования 18.06.2024
Принята к публикации 25.06.2024

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Daniil Y. Karachevsky, Ph.D. student, Laboratory of Organic Functional Materials, Ufa Institute of Chemistry of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia, daniilkarachevskij@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-0245-8184

Akhat G. Mustafin, Doctor of Science (Chemistry), Professor, Chief Researcher, Laboratory of Organic Functional Materials, Ufa Institute of Chemistry of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia, agmustafin@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-8342-8787

Contribution of the authors

Karachevsky D. Y. methodology, aim setting, analysis, conclusion and findings on the work, proofreading the manuscript before submitting to the editor, writing the article; Mustafin A. G. – editing the article, graphic design, preparing the bibliography and translation, review of references.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 03.06.2024
Approved after reviewing 18.06.2024
Accepted for publication 25.06.2024

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 556+551.583.2
DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-30-45
EDN: ZSFWZW

Туралинские озера в условиях антропогенного пресса и засушливого климата

Абдурашидов А. М.✉[1], Шапоренко С. И.[2]
[1]Адвокатская палата Республики Дагестан
Махачкала, Россия, abdu6@mail.ru✉
[2]Институт географии Российской академии наук
Москва, Россия, ser-shaporenko@yandex.ru

РЕЗЮМЕ. Цель. Исследовать причины неудовлетворительного состояния Туралинских озер в последнее десятилетие, связанного с периодическим высыханием и утратой признаков водных объектов. **Материал и методы.** Исследование проведено на основе анализа массива картографических и документальных материалов с конца XIX в., космических снимков, полученных с МКС, аппаратов Сентинел-2 и Ландсат-8 с 2003 г., а также собственных наблюдений в 2019-2024 гг. **Результаты.** Распространено мнение, что проблема Большого и отчасти Малого Туралинского оз. заключается в их высыхании и она может быть решена за счет подачи воды из проходящего рядом коллектора. В статье приводятся аргументы, что первоначальное естественное состояние озер в виде сухих и слабо увлажненных морских лагун, из которых они образованы, представляет собой наиболее устойчивое. Тенденции климатических характеристик (особенно в 2010-2019 гг.), а также произошедшие и проводимые хозяйственные преобразования водосборов, привели к росту дефицита естественного увлажнения окружающих ландшафтов полупустынь и водного питания озер. Намечаемый рост показателей увлажнения после 2020 г. пока не привел к существенным эффектам. **Выводы**. Принятое в середине XX в. решение об использовании Туралинских озёр (по крайней мере Большого) в рыбоводных целях сомнительно. Причиной является резкий дефицит водных ресурсов и невозможность достичь гарантированного обеспечения ими этого направления деятельности. Если не остановить бессистемное использование побережий для дачного и жилищного строительства с нарушением водного законодательства, не провести мелиорацию территории, может произойти полная утрата озер – реликтовых лагун как природных объектов.

Ключевые слова: лагуна, озеро, водосбор, пересыхающие водоемы, рыбоводство, коллектор дренажных вод, испаряемость, баланс увлажнения.

Благодарность

Работа выполнена по теме Государственного задания Института географии РАН FMWS-2024-0007 (1021051703468-8) с финансовым обеспечением полевых исследований со стороны ООО “Большая Турали”.

Формат цитирования: Абдурашидов А. М., Шапоренко С. И. Туралинские озера в условиях антропогенного пресса и засушливого климата // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2024. Т. 18. № 2. С. 30-45. DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-30-45. EDN: ZSFWZW

The Turali Lakes in Conditions of Anthropogenic Pressure and Arid Climate

Abdurashid M. Abdurashidov[✉1], **Sergey I. Shaporenko**[2]
[1]Law Chamber of the Republic of Dagestan
Makhachkala, Russia, abdu6@mail.ru
[2]Institute of Geography, Russian Academy of Sciences
Moscow, Russia, ser-shaporenko@yandex.ru

ABSTRACT. The **aim** of the paper is to investigate the reasons for the unsatisfactory ecological state of the Turali Lakes in the last decade, associated with dry out and loss of water bodies signs. **Material and Methods.** The study was based on the analysis of a lot of cartographic and documentary materials from the end of the 19th century, satellite images obtained from the ISS, Sentinel-2 and Landsat-8, for the period from 2003, as well as our own surveys in 2019-2024. **Results.** It is widely believed that the problem that the problem of Lake Bolshoe Turali and partly Lake Maloe Turali lakes Lies in their drying out and it can be solved by supplying water from a nearby collector. The paper provides arguments that the original natural state of lakes in the form of dry and poorly moistened marine lagoons, from which they are formed, is the most stable. Trends in climatic characteristics (especially in 2010-2019), as well as the economic transformations that have taken place in watersheds, have led to an increase in the deficit of natural moisture in the surrounding semi-desert landscapes and water supply for lakes. The planned increase in moisture indicators after 2020 has not yet led to significant effects. **Conclusions.** The decision taken in the middle of the twentieth century to use the Turali Lakes (at least Lake Bolshoe Turali) for fish farming purposes is doubtful. The reason is a sharp shortage of water resources and the inability to achieve guaranteed provision of this activity area. Unsystematic use of the coasts for country-cottage and housing construction in violation of water legislation, if they are not stopped and the territory is not reclaimed, will lead to the complete loss of natural objects.

Keywords: lagoon, lake, watershed, drying out reservoir, fish farming, drainage water collector, evaporability, moisture balance.

Acknowledgments
The research was supported by the State Assignment of the Institute of Geography, Russian Academy of Sciences FMWS-2024-0007 (1021051703468-8) with financial support for field research from ООО “Bolshaya Turali”.

For citation: Abdurashidov AM, Shaporenko SI. The Turali Lakes in Conditions of Anthropogenic Pressure and Arid Climate. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2024;18(2):30-45. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-30-45. EDN: ZSFWZW

Введение

Большое и Малое Туралинские озёра расположены около северной границы Карабудахкентского района Дагестана, к ним вплотную подходят южные окраины г. Каспийска. Согласно сведениям Росреестра они занимают участки площадью 4,8 и 1,7 км^2, соответственно. На самом деле площадь оз. Малое Турали около 1,4 км^2, а 0,3 км^2 должно приходиться на прибрежную защитную полосу. Озера мелководные (максимальные глубины 1-1,2 м), но считаются крупнейшими в республике. В продолжении многих лет их пытались использовать для выращивания товарной рыбы. При этом в последнее время первое из них большую часть года сухое, площадь водного зеркала второго озера по размерам не более половины максимально возможного, а наибольшие глубины в последнее десятилетие при искусственном наполнении редко превышали 0,5 м. С северной стороны, не считаясь с природоохранным законодательством, ведется застройка их берегов. Стихийные небольшие песчаные карьеры и свалки мусора уродуют чашу оз. Большое Турали. С территорий новых частных домовладений поступают ливневые и бытовые стоки, давая наиболее значимую водную подпитку потенциально рыбоводному оз. Малое Турали. В результате интенсивных атмосферных осадков сточные воды

могут частично обводнять оба водоема. Но качество поступающих вод такое низкое, что в такие моменты правильнее считать чаши озер полями фильтрации. Все попытки искусственного заполнения и поддержания оз. Большое Турали через подведенный канал из проходящего мимо коллектора дренажных вод из года в год оказывались безуспешными из-за нехватки воды.

В такой ситуации резонно возникают вопросы о том, каково природное состояние озер, хотим ли мы сохранить их в естественном виде или использовать для рыбоводства, есть ли ресурсы для их обводнения или осуществления какого-либо иного варианта их сохранения, каково будущее Туралинских озер. В представленной статье на основе анализа исторических сведений о существовании озер и проведенных исследований современных климатических изменений в районе Махачкалы и Каспийска сделана попытка охарактеризовать истоки указанных проблем и тем самым наметить варианты их решения. Авторы осознают, что их трактовка сомнительности исторической обусловленности хозяйственного освоения окружающей территории может иметь дискуссионный характер и будут рады всем высказанным критическим замечаниям.

Материалы и методы исследования

Ретроспективная оценка состояния Туралинских озёр с конца XIX в. проведена с использованием архивных картографических материалов, документов, представленных водопользователями, и копий государственных нормативных актов. Современное экологическое состояние Туралинских озер и его трансформация за последние десятилетия изучены с использованием космических снимков станций МКС, Ландсат-8 и Сентинел-2, собранных за период с 2003 г. по настоящее время. Основные собственные полевые обследования проведены в конце 2019 – начале 2020 г., текущий мониторинг ситуации не прекращается. Для анализа многолетней изменчивости метеорологических показателей увлажненности использованы данные наблюдений в приземном слое атмосферы на метеостанции Махачкала в суточном и месячном форматах с 1966 г., которые размещены на сайте ВНИИГМИ-МЦД [1]. Данные за 2024 г. получены непосредственно с указанной метеостанции. Испаряемость посчитана по формуле Н. Н. Иванова [2], в которой аргументами служат среднемесячные температура и относительная влажность воздуха. В качестве показателей увлажненности служат баланс увлажнения как разница между количеством осадков и испаряемости за определенный период времени в мм и коэффициент увлажнения, рассчитанный как отношение осадков к испаряемости. Для сопоставления разных по длине временных интервалов второй показатель удобнее.

О природном состоянии Туралинских озёр

Чаша оз. Малое Турали сформировалась в конце дагестанской стадии позднехвалынской трансгрессии Каспийского моря, а оз. Большое Турали – в последнюю фазу новокаспийской трансгрессии, когда они были морскими лагунами. Терминологически правильнее Туралинские озера называть отшнуровавшимися реликтовыми лагунами.

Оз. Большое Турали расположено на террасе, поверхность которой находится на высоте -20 ч -21 м, а оз. Малое Турали – на 4 м выше [3]. Сложены они в основном рыхлыми отложениями, благоприятными для подземного водообмена. При отступании моря лагуны постепенно изолировались и утратили с ним связь. Еще в начале 1930-х гг. при нагонах заплески морских волн могли попадать в чашу Большого Турали [4]. За время–ограниченной водной связи с морем и небольшого притока с суши, в их донных отложениях накопилось большое количество органического вещества, что наряду с присутствием сероводорода придало осадкам лечебные свойства. Окончательно потеряв связь с морем и почти не имея притока с водосбора, озера-лагуны стали высыхать, сократив площадь водного зеркала в несколько раз во влажный сезон и обнажая полностью свое дно в теплое время года. При высыхании происходила концентрация солей и их осаждение. В связи с этим на картах первой половины прошлого века Туралинские озёра обозначены или сухими, или солеными (рис. 1). Дно озер стало представлять собой солончаки.

Используя космический снимок высокого разрешения и схему коллекторной сети, впервые были оконтурены водосборы озер в естественном и современном виде (рис. 2).

В конце XIX в., когда практически отсутствовала всякая инфраструктура, а основным занятием местного населения было отгонное животноводство, водосборы озер определял исключительно рельеф местности и русла временных водотоков. Конфигурацию водосборов Туралинских озёр определяет общий наклон местности в северо-восточном направлении. С юго-западной и южной стороны общий водосбор Туралинских оз. оконтуривает речная система р. Манасозень. В настоящее время часто река пересыхает и ее сток моря не достигает. На равнине северная граница водосбора р. Манасозень плохо выражена, ее ориентиром сейчас служит канал Р-18-1. Вблизи южного берега оз. Малое Турали находился небольшой водоем, подпитывавший озеро (рис. 1 А). На севере водосбор Туралинских озёр ограничивает пологая выровненная долина р. Талгинки (продолжение р. Черкесозень, которая пересыхает в меженный период) с устьем между Махачкалой и Каспийском. С середины XX в. основную долю воды в р. Талгинке в период межени составляют сбросные воды из санатория Талги, имеющие повышенную минерализацию и запах сероводорода.

Площади естественных водосборов по расчетам сотрудницы ИГ РАН С. Т. Кудяковой равны у оз. Малое Турали 45,8 км^2, у оз. Большое Турали – 19,8 км^2 [5]. Основной поверхностный сток с предгорий собирает оз. Малое Турали.

Средний многолетний годовой баланс увлажнения, рассчитанный нами за период с 1966 по 2019 г., составляет -452 мм (при ошибке среднего m=16). За теплый период года (апрель-октябрь) он равен -476 мм (m=13), в холодный сезон он становится положительным, увеличиваясь до +22,5 мм (m=7). За счет осадков на водосборе оз. Малое Турали может максимально остаться 1030,5 тыс. м^3 воды. Если принять величину коэффициента стока в 0,7 (которая несколько завышена для верности по сравнению с рекомендуемой 0,5), то в озеро может попасть 721,35 тыс. м^3 воды, что даст водный слой примерно 0,5 м. Этот слой испарится за теплый период года почти полностью. Аналогичные подсчеты для оз. Большое Турали дают слой воды, в нем только 6,5 см. Из этого следует, что и до антропогенных преобразований сток с водосбора был явно недостаточен для существования в Туралинских озёрах полноценных природных водных экосистем.

Как свидетельствуют карты начала XX в., уже в то время территории вокруг озер испытывали определенную антропогенную нагрузку. Об этом говорит густая сеть дорог вокруг них (рис. 1). Южные части соленых озер показаны сухими. В это время, помимо нескольких зимовок (кутанов), около южной окраины оз. Большое Турали находился соляной промысел, а на подходе к мысу Сугун – действующий колодец. Очевидно, минерализация воды позволяла его использовать, по крайней мере, для водопоя скота. Следует также отметить, что на первой карте с ЮВ стороны оз. Большое Турали обозначен родник, которого на второй карте не стало. В районе мыса Сугун в самом начале XX в. уже существовал рыбный промысел. Местные жители использовали в лечебных целях донные отложения лиманов, которые были богаты органическими веществами, насыщенными сероводородом.

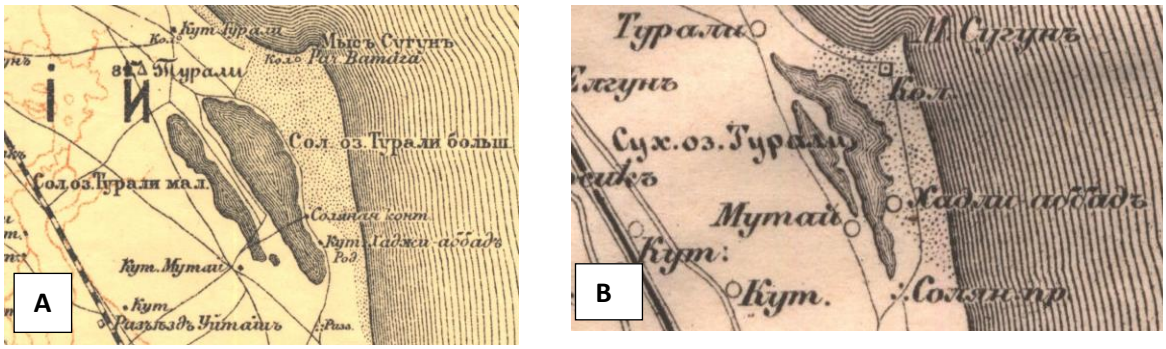


Рис. 1. **Район Туралинских озер на картах начала XX в.: Kavkaz M 1:210 000 1901-1916 гг. (А); Специальная карта Европейской России 1920 г. М 1:420 000 (В)**

Fig. 1. The Turali Lakes on maps of the early twentieth century: Kavkaz Scale 1:210 000 1901-1916 (A); Special map of European Russia 1920. Scale 1:420 000 (B)

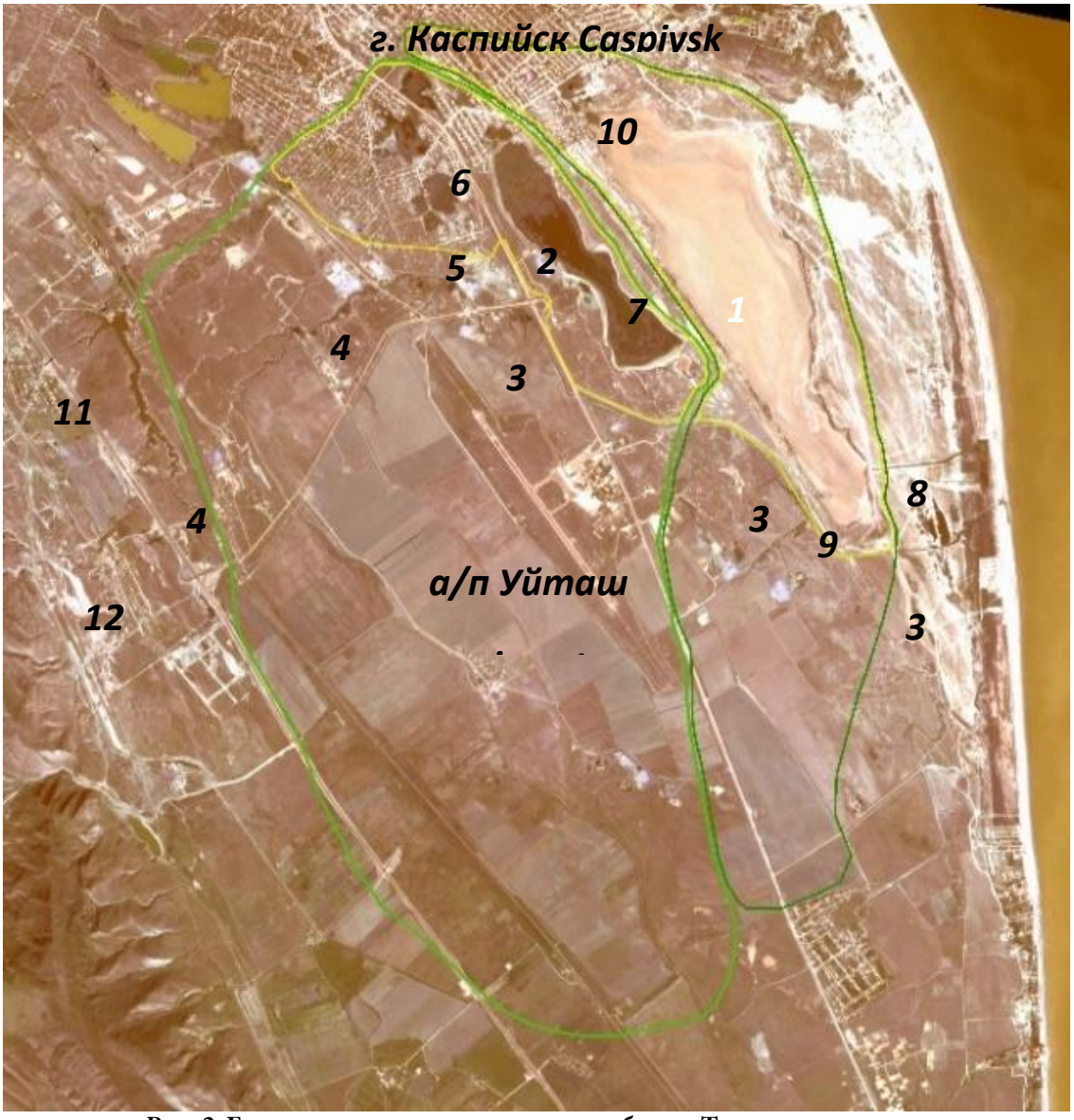


Рис. 2. **Границы поверхностных водосборов Туралинских озер**
Примечание: **естественное состояние – зеленый цвет; современное преобразованное состояние – желтый цвет. Цифрами обозначены объекты, упоминаемые в тексте: 1 – оз. Большое Турали; 2 – оз. Малое Турали; 3 – коллектор К-6; 4 – коллектор К-5-5; 5 – коллектор К-5; 6 – водоподающий канал в оз. Малое Турали; 7 – канал из оз. Малое Турали в оз. Большое Турали; 8 – сбросной канал из оз. Большое Турали в Каспийское море; 9 – водозабор из коллектора в оз. Большое Турали около пикета 68+90; 10 – устье канавы сточных вод; 11 – водохранилище Уйташ; 12 – Аузовское водохранилище.**
Fig. 2. Boundaries of the Turali Lakes surface watersheds
Note: natural state is green; modern transformed state is yellow. Numbers indicate the objects mentioned in the text: 1 is Lake Bolshoe Turali; 2 is Lake Maloe Turali; 3 is water collector K-6; 4 is water collector K-5-5; 5 is water collector K-5; 6 is water supply channel in Lake Maloe Turali; 7 is channel from Lake Maloe Turali into Lake Bolshoe Turali; 8 is discharge channel from Lake Bolshoe Turali to the Caspian sea; 9 is water intake from the collector in Lake Bolshoe Turali near the picket 68+90; 10 is the mouth of the sewage ditch; 11 is Uytash reservoir; 12 is Auzovskoe reservoir.

Земельно-водная реформа 1927-1932 гг. не затронула существенным образом гидрографическую сеть окружающих Туралинские озера территорий. Тем не менее, в результате завершения строительства первой очереди будущего канала Октябрьской Революции (под названием Канава Падишалых-татаул), который оканчивал-

ся одним ответвлением около Махачкалинского маяка (еще нет Вузовского водохранилища – основного водоема в питьевом водоснабжении Махачкалы), а другим – около поселка Тарки-тау, были созданы предпосылки и для их водохозяйственного освоения (рис. 3). Заканчивался период, который можно назвать временем условно-естественного существования Туралинских озер.

Начало антропогенного вмешательства. В 1933-1934 гг. по каналу им. Октябрьской Революции (КОР) речная вода из р. Сулак пришла в п. Двигательстрой, позже переименованный в г. Каспийск. Это было важнейшее событие, определившее дальнейшее хозяйственное освоения территории. В конце 1920-х гг. озера становятся основной сырьевой базой мирабилита для стекольного завода в Дербенте, а потом до середины 1950-х гг. поставщиком сырья для крупного завода сернистого натрия, построенного в Махачкале в первую пятилетку. Использование водоемов для соляного промысла с водной подпиткой из Каспийского моря стало периодом антропогенного вмешательства с наиболее полным использованием природных особенностей соленых пересыхающих лагун-озер. Помимо соли происходит добыча строительных материалов для местных нужд. В прибрежных водах Каспийского моря расширяется рыбный промысел, который в 1932-1933 гг. был значительно реконструирован с внедрением механизированных способов лова, строятся консервные заводы. Вокруг озер и между ними прокладываются ветки железных дорог для вывозки минерального сырья, строительных материалов, добываемых из каменных карьеров вдоль западного берега оз. Большое Тарали, а также товарной рыбы от морского промысла. Все эти хозяйственные преобразования отражены на фрагменте карты (рис. 4).

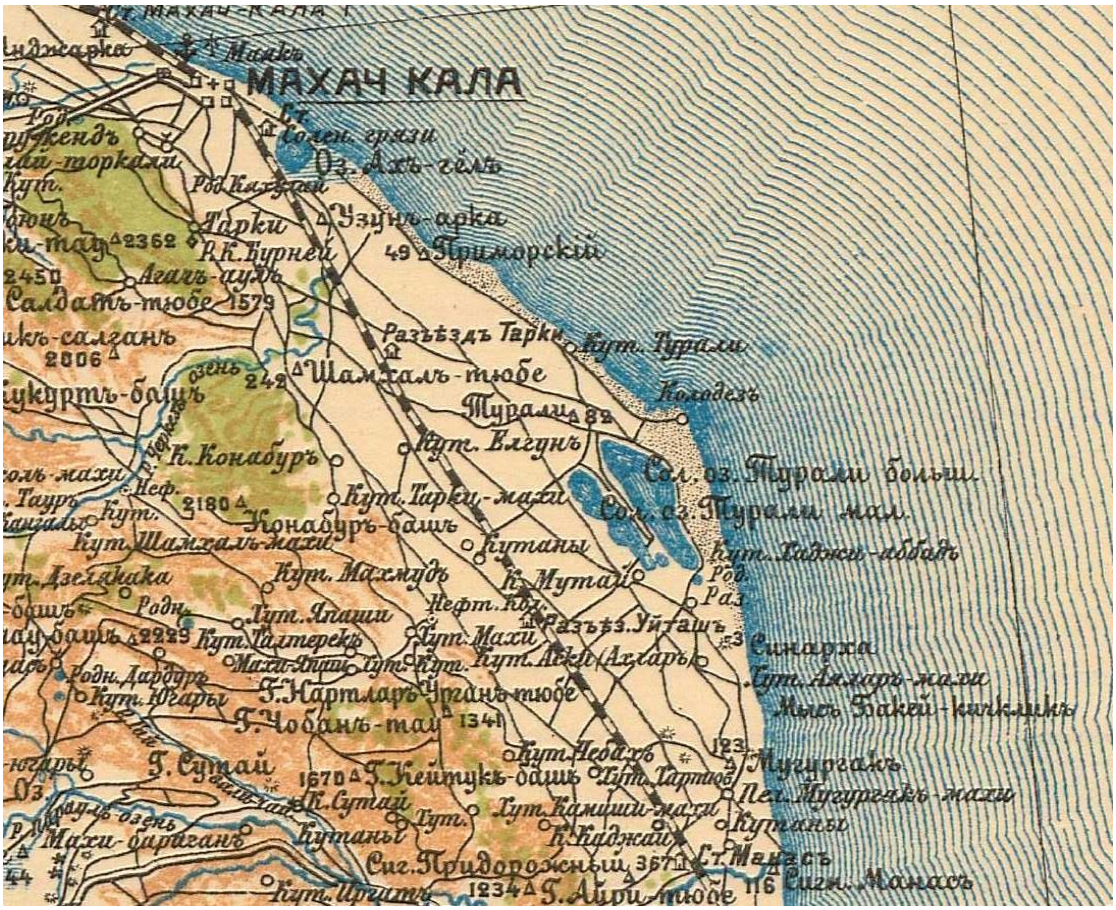


Рис. 3. **Район Туралинских озер на Специальной карте Европейской части СССР управления военных топографов (Махачкала) 1933 г. М 1:420 000**

Fig. 3. The area of the Turali Lakes on the Special map of the USSR European part. Department of Military Topographers (Makhachkala) 1933. Scale 1:420 000

Гидрографически озера претерпели существенные изменения. Оз. Большое Турали с северной стороны через небольшой обособленный плес отдельным ответвлением соединили с окончанием канала КОР. В южной части через перемычку прокопали сбросной канал в Каспийское море. В результате проведенных преобразований озеро стало потенциально проточным.

Примерно через двадцать лет при следующей модернизации гидрографической сети водная связь оз. Большое Турали с каналом КОР была ликвидирована. В 1950-е гг. был сооружен подводящий канал к оз. Малое Турали с северо-западной окраины Каспийска. Развитие орошаемого земледелия в предгорьях потребовало строительство оросительной сети, гидрографическая сеть на предгорном склоне стала густой. Морской прибрежный промысел расширился до семи участков (рис. 4). С конца 1950-х гг. начинаются первые попытки использовать Туралинские озера для рыбоводства, о чем упоминается в работе [4].

Попытки рыбоводства. Попытки рыбоводства – основное направление хозяйственного использования Туралинских озер в последние десятилетия. В декабре 1959 г. озера были переданы в управление рыбной промышленности Дагсовнархоза – на баланс объединения «Дагрыба». В 1960 г. постановлением Совета Министров ДААССР предполагалось проведение рыбохозяйственной мелиорации на десяти озерных системах, в числе которых были и Туралинские озера. При достаточно подробно расписанном задании вопрос о водоснабжении не ставился. В 1969-1972 гг. в рамках модернизации Туралинского участка «Дагрыбы» в целях распреснения Малого Турали был сооружен сбросной канал из него в оз. Большое Турали, в результате чего озера сегодня представляют двухступенчатый каскад. Данный сбросной канал существует по сей день, однако он в запущенном состоянии, шлюз сломан, подача воды остановлена временной насыпной плотиной (рис. 5).

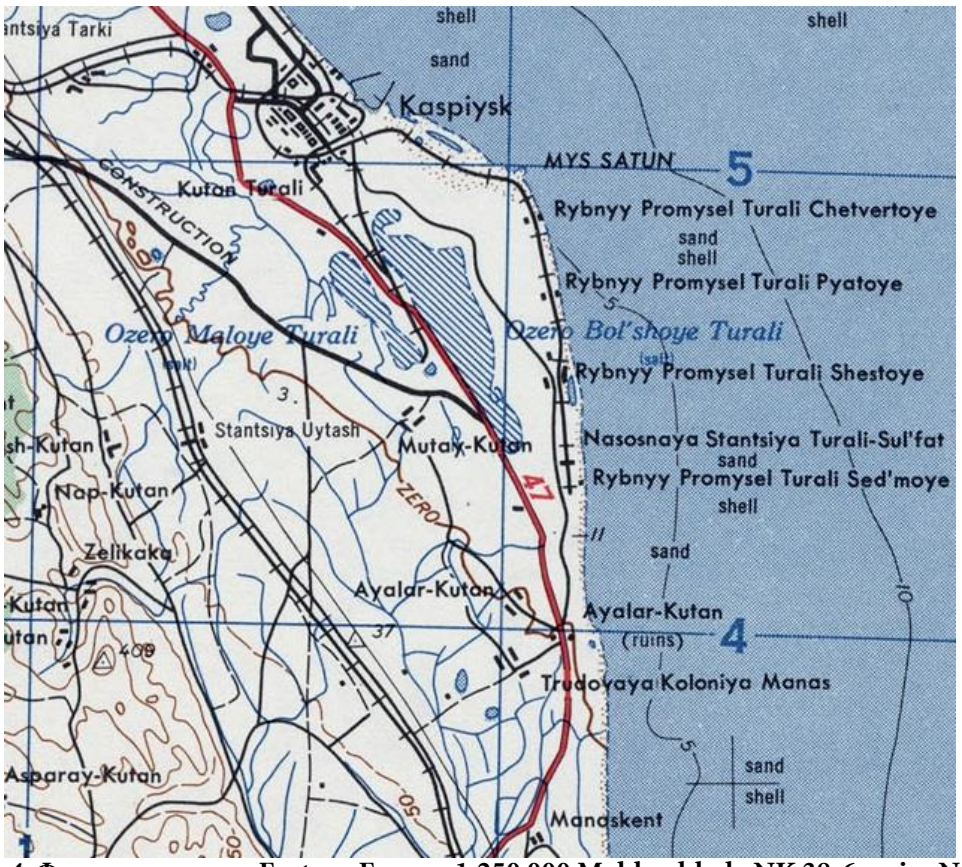


***Рис. 4.* Фрагмент карты Eastern Europe 1:250 000 Makhachkala NK 38-6 series N501, изданной в 1958 г. в Вашингтоне**

Fig. 4. Fragment of the map Eastern Europe 1:250 000 Makhachkala NK 38-6 series N501, published in 1958 in Washington



Рис. 5. **Шлюз сбросного канала и сам канал из оз. Малое Турали в оз. Большое Турали. 23 мая 2021 г.**

Fig. 5. The water-gate of the discharge channel and the channel itself from Lake Maloe Turali into Lake Bolshoe Turali. May 23, 2021

С 1973 г. по приказу Минрыбхоза РСФСР № 173 начал функционировать Каспийский рыбхоз Дагресрыбпрома, куда были переданы Туралинские озера. По-видимому, из-за отсутствия особых успехов в рыбоводстве, спустя три года озера были переданы Дагестанскому облсовету по управлению курортами профсоюзов. Предполагалось, что из озер будет добываться лечебная грязь для нового проектируемого близлежащего санаторного корпуса. Для сохранения лечебных свойств грязей озера должны были оставаться преимущественно сухими, а в качестве рыбоводных они должны быть проточными. Как оказалось, после обследования озер в 1981 г. специализированной геологической партией, донные отложения оз. Малое Турали утратили лечебные свойства (что и следовало ожидать).

После строительства магистральных коллекторов К-5, К-5-5 и К-6, которые собирали возвратные воды с полей, и при этом русло последнего из них прошло около западных берегов озер, а их водный сток потенциально мог использоваться для заполнения водоемов, вновь вернулись к идее рыбоводства. С 1987 по 1990 г. на оз. Малое Турали выращивали товарную рыбу.

В мае 1990 г. распоряжением Совмина ДААССР № 127-р озера были переданы в госземзапас республики. Данное распоряжение породило правовую неопределенность относительно дальнейшей судьбы озер, поскольку им были проигнорированы нормы водного законодательства и озера были представлены лишь в виде земельных участков под ними.

Затем, в декабре 1990 г. оз. Малое Турали было передано для рыбоводства Рыбному хозяйству «Природа», в аренде у правопреемника данного предприятия озеро находится по сей день. По словам директора ООО «Рыбное хозяйство «Природа» в 1990-е гг. эпизодически предприятие вело успешную рыбоводную деятельность, затем пошел спад в связи с отсутствием гарантированных объемов водных ресурсов. В настоящее время товарному рыбоводству мешает также экологическое состояние водоема, главной причиной является сброс бытовых сточных вод при отсутствии централизованной канализации, который осуществляется с вновь образованного микрорайона ИЖС между северным берегом озера и г. Каспийском. Забегая вперед, необходимо отметить, что низкое качество воды в обоих озерах, то

есть непригодное для рыбоводства, подтверждалось сотрудниками ДГУ в 2009-2011 гг. [6; 7], а также собственными обследованиями в 2019-2023 гг. Например, содержание органических веществ по $БПК_5$ и ХПК достигает соответственно 4 и 4,6 условных ПДК, концентрации бора и брома соответственно 14,4 и 13,7 ПДК, стронция и молибдена – 28,2 и 13 ПДК (рыбохозяйственных), соответственно. Данный вопрос арендатором озера совместно с авторами статьи был поставлен перед правительством республики Дагестан. Заместителем Председателя Правительства РД Абдулмуталибовым Н. Ш. 7 июня 2023 г. была утверждена «Дорожная карта» мероприятий, направленных на сохранение оз. Малое Турали и снижение антропогенного воздействия.

Более сложная ситуация с ведением рыбоводства стала складываться с оз. Большое Турали. Земельный участок под озером, который находился в госземзапасе, был предоставлен Минимуществом РД в 2014 г. ООО "Большая Турали" для ведения сельского хозяйства договором на 49 лет. Однако Арбитражным судом республики Дагестан данный договор был отменен, поскольку указанный водный объект значился в государственном водном реестре подведомственным ТУ Росимущества, поскольку являлся федеральной собственностью, а не республиканской. Арендатор планировал провести дноуглубительные работы и организовать систему прудов для разведения рыбы (экологическая безопасность работ не исследовалась).

Взаимоотношения между арендаторами-рыбопроизводителями с одной стороны и представителями органов власти с другой стороны до недавнего времени не были налажены. Не было ведомств, которые помогали бы им в природоохранной и мелиоративной деятельности. А было лишь перекладывание ответственности от одного на другое. Такую ситуацию прекрасно иллюстрирует письмо зам. министра Министерства природных ресурсов и экологии РД М. А. Алиханова от 23.01.2017 № 14-182 в Общественный надзор по Республике Дагестан в ответ на жалобу № 1297. В нем сказано, что на начало 2015 г. Туралинские озера "… находились в плачевном состоянии, вода в данные озера практически не поступала в связи с тем, что площадь водосбора дождевых вод данных озер в настоящее время освоена человеком и используется в целях сельского хозяйства, а также строительства частных домовладений. Кроме того, активно велась работа по засыпке данных озер и в последующем раздаче вновь образовавшихся земельных участков". Из текста письма также следует, что ситуация была исправлена арендаторами ООО "Дагестанкурорт" (прорыт канал длиной 60 м для подачи воды в Большое Турали с установкой водозаборного сооружения). В указанном письме также сказано, что арендатор МП "Природа" завершил работы по строительству канала, протяженностью более 600 м, для дополнительного обводнения оз. Малое Турали. По факту же, если обратиться к космическим снимкам, к 10 марта 2015 г. оз. Большое Турали было заполнено на 80-85 %, но в июне 2015 г. площадь сократилась до 50 %, а к августу оно пересохло (рис. 6). Постепенно увлажнение озера началось в конце октября – начале ноября 2015 г. (снимки от 20 октября – 05 ноября). На снимке от 21 ноября хорошо видно, что поступление воды в небольшом количестве происходит с северного побережья в виде стоков с территории застройки. В слабо увлажненном состоянии центральной пониженной части оз. Большое Турали находилось до мая 2016 г., после чего опять полностью высохло. На портале Общественный надзор 12 октября 2016 г. появилась запись Эльдара Уразаева (обращение 1289), в которой он после обхода озера 15 сентября возмущается его состоянием, считая его осушение искусственным, равносильным уничтожению [8]. 17 января 2017 г. в комментариях появился ответ от 1-го зам. главы МР "Карабудахкентский район" А. А. Гаджиева, в котором он сообщает: "И все, что связано с сегодняшним состоянием озера находится в зоне ответственности Минприроды и арендатора озера "Дагестанкурорт". Минприроды проводит большие восстановительные работы, а районная администрация примет со своей стороны все меры для сохранения Озера Большое Турали". 25 января 2017 г. на сайте был размещен такой же ответ и от Минприроды, датированный годом ранее и процитированный выше. Действительно, в следующие три холодных сезона 2016/2017, 2017/2018 и 2018/2019 гг. озеро

стали обводнять, используя коллекторную воду. Однако полностью наполнить не удавалось, а в июне 2019 г. оно опять пересохло. Стало вполне очевидным, что коллекторной воды не хватает для обводнения даже одного оз. Большое Турали. Более подробный исторический анализ хозяйственного использования Туралинских озер авторов можно найти в тематическом журнале [9].

Надо отметить, что в период рыбохозяйственного освоения озер возникла неоднозначная природоохранная проблема. Как нами отмечалось, естественное устойчивое состояние реликтовых лагун – колебание между слабой увлажненностью в холодный сезон года и полным высыханием в конце лета. Регулярное заполнение чаш озера водой из коллектора привлекло водоплавающих и околоводных перелетных птиц, которые стали использовать водоемы в качестве остановочных пунктов при миграции. Таких видов оказалось более 230, причем 43 из них были занесены в международную и российскую Красные книги [10; 11]. Строились планы по сохранности водных объектов в качестве ООПТ, включения их в Рамсарскую конвенцию водно-болотных угодий. При этом согласно планам развития окружающих территорий они оставались охотничьими угодьями [5]. При высыхании озер в последнее десятилетие птиц почти не осталось, сейчас они минуют эти места. Вполне вероятно, что при возобновлении попыток рыбоводства они могут вернуться, но как тогда это будет сочетаться с выращиванием рыбы и удержанием водоемов от эвтрофирования, неясно. Конфликтная ситуация может возникнуть и с эксплуатацией рядом расположенного аэропорта.

Насыщенная история Туралинских озер на этом, надо полагать, не заканчивается. Как показали экстремальные события 2021-2022 гг., резервы пресной воды могут неожиданно появиться из неопределенных источников (этого вопроса авторы касаются немного ниже). А в 2022 г. ООО «Большая Турали» заключило договор № 18 от 04.10.2022 г. с Северо-Кавказским территориальным управлением Федерального агентства по рыболовству, ориентируясь в основном не на разведение рыбы, а на другие объекты аквакультуры. Рассматривают вопрос и о создании на базе Туралинских озер одного из участков создающегося Дагестанского туристического кластера.

Арендаторы продолжают надеяться на комплексную поддержку различных ведомств в вопросе улучшения качества воды, поддержки пригодного для рыборазведения или рекреации водного режима, что вполне актуально при продолжающем отступлении Каспийского моря.

Где взять воду для Туралинских озер? Проблема водообеспечения, несомненно, имеет значимый антропогенный фактор, связанный с хозяйственным освоением и уменьшением водосборной территории. Сокращение площади поверхностных водосборов было вызвано строительством дорог, аэропорта. Но самое существенное сокращение произошло после строительства коллектора дренажных вод К-6, когда его русло стало контуром водосборов с юго-западной стороны, перехватив весь поверхностный и грунтовый сток со стороны предгорий. Перестали “работать” русла сезонных водотоков, впадавших с юго-запада в оз. Большое Турали. Площади водосборов с 1980-х гг. стали составлять у оз. Малое Турали 7,2 км^2, у оз. Большое Турали – 10,5 км^2, включая площади самих озер (границы желтого цвета на рис. 2). То есть, в несколько раз меньше, чем ранее. В естественном состоянии воды хватало для колебания озерных экосистем между состояниями “мокрого и сухого солончака”. После преобразования водосборов воды стало еще меньше.

Сейчас наиболее реальным представляется обводнение озер водой из коллектора К-6, который проходит рядом с озерами. Водные ресурсы коллектора формируют возвратные поливные воды с сельскохозяйственных полей и сбросы воды из Уйташского водохранилища. Их количество зависит от сезона года, а при проведении гидротехнических работ может возрастать до критически высоких объемов. Такая ситуация сложилась в 2021-2022 гг. и привела к переполнению русла коллектора, переливу воды через его борта и размыву юго-западного берега оз. Большое Турали (рис. 7). На непродолжительное время озеро неожиданно стало проточным через десятки лет полусухого состояния. Арендаторов о сбросах воды в коллектор не посчитали нужным предупредить. Для восстановления чаши озера придется вкладывать весьма немалые средства.

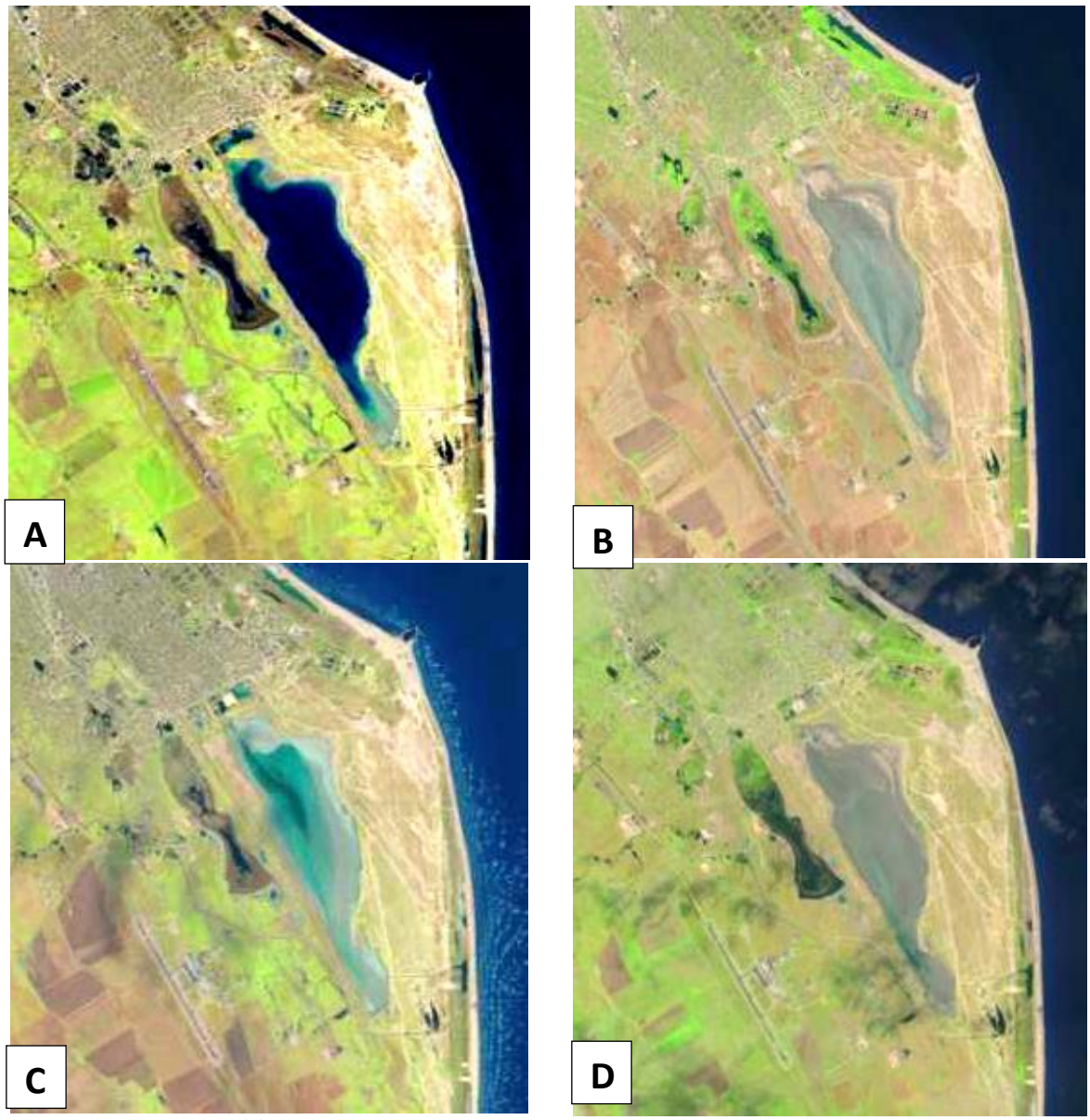


Рис. 6. **Район Туралинских озер на космических снимках аппаратов Ландсат-8 10 марта (A), 1 августа (B), 21 ноября (C) 2015 г. и 15 мая (D) 2016 г.**
Fig. 6. The Turali Lakes region in space images from Landsat-8 on March 10, 2015 (A), August 1 (B), November 21 (C) and May 15 (D) 2016.

Наблюдениями на гидрологическом посту в течение 2006-2017 гг. было зафиксировано сокращение средних годовых расходов воды в концевом коллекторе примерно в 2,5 раза (рис. 8) [12]. И это вполне естественно по нескольким причинам. Орошаемые площади сокращаются, в чем виновато, в первую очередь, отчуждение земель под дачи и строительство жилья. Можно ли от этого отказаться ради сохранения и обводнения Туралинских озер?

Усовершенствование орошаемого земледелия направлено на уменьшение водопотребления за счет выращивания менее влаголюбивых видов, внедрение новых технологий полива (в идеальных случаях применение капельного орошения). Количество возвратных вод будет и дальше сокращаться и за счет этих факторов.

В последнее десятилетие помимо антропогенных факторов на состояние озер влияли и происходившие изменения климатических характеристик. На низкую водообеспеченность в районе Махачкалы сказывался резкий рост испаряемости, который определял снижение баланса и коэффициента увлажнения (рис. 9). Послед-

ний положительный тренд, начавшийся в 2009 г., привел испаряемость к 2019-2020 гг. к максимальным годовым величинам, превысившим 1 тыс. мм. Рост испаряемости был обусловлен положительным трендом годовой температуры воздуха сначала за счет ее роста в холодный сезон (1997-2000 гг.), а позже и за счет положительного тренда температуры в теплый сезон, который обозначился в начале 2000-х гг. [12]. На последний период повышенных температур приходятся абсолютные максимумы средних температур за все месяцы, в 2023 г. отмечена самая высокая среднегодовая температура в 14,2 °С.

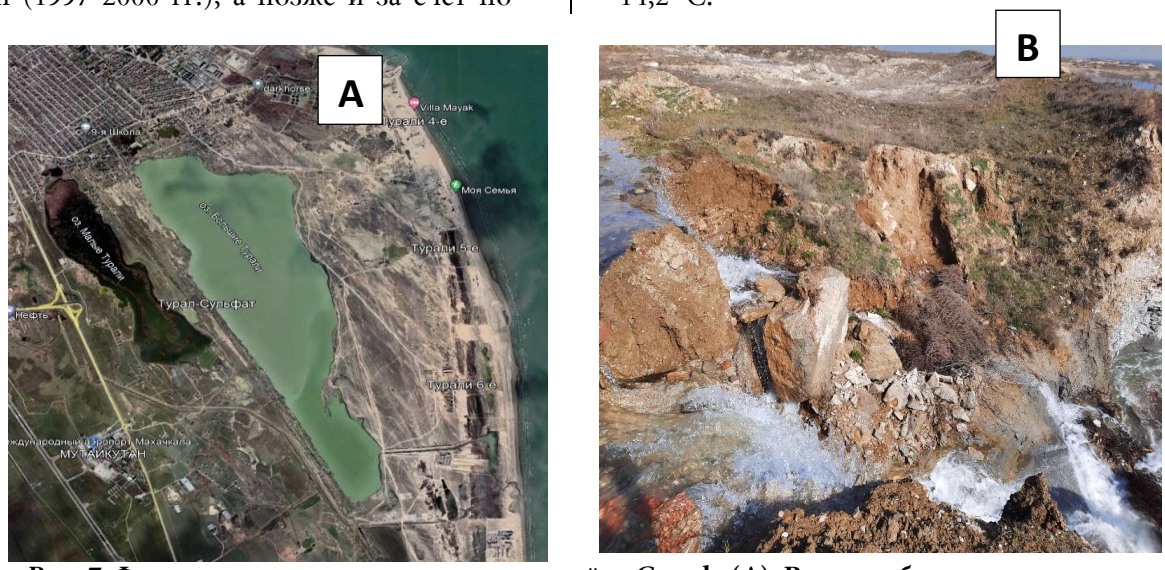


Рис. 7. **Фрагмент космического снимка с сайта Google (А). В устье сбросного канала на пляже Каспийского моря просматривается разлив воды, поступающей из оз. Большое Турали. Фото размыва участка берега озера переливающейся водой из переполненного коллектора К-6 (В). Январь 2022 г.**

Fig. 7. A fragment of a satellite image from the Google website (A). At the mouth of the discharge channel on the Caspian Sea beach, a spill of water coming from Lake Bolshoe Turali is visible. Photo of the erosion of the lake shore section by overflowing water from the K-6 collector (B). January 2022

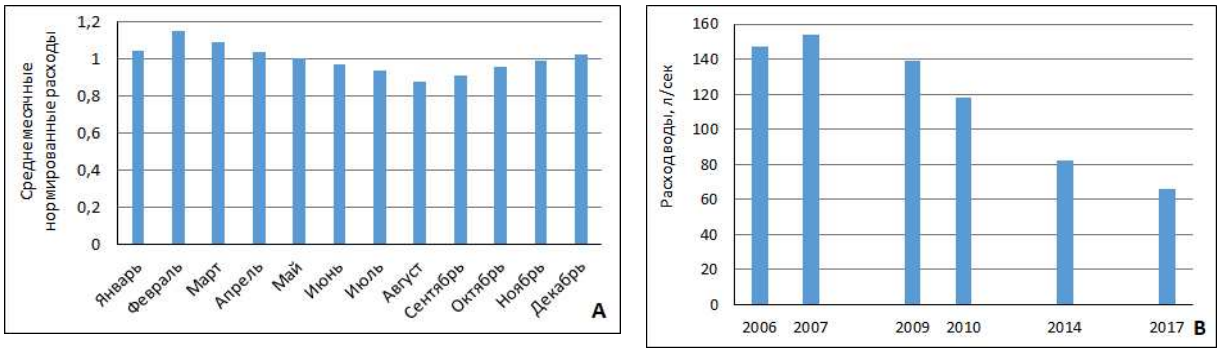


Рис. 8. **Сезонная изменчивость расходов воды в коллекторе К-6, нормированных на среднемноголетние значения (А), и многолетняя изменчивость средних годовых расходов воды (В) в коллекторе, л/сек. (по данным Карабудахкентского филиала ФГБУ «Минмелиоводхоз РД» [12])**

Fig. 8. Seasonal variability of water flow in the K-6 collector, normalized by the average annual values (A), and long-term variability of the average annual water flow (B) in the collector, l/sec. (according to the data from Karabudakhkent Branch of the Ministry of Land Reclamation and Agricultural Water Supply of the Republic of Dagestan [12].

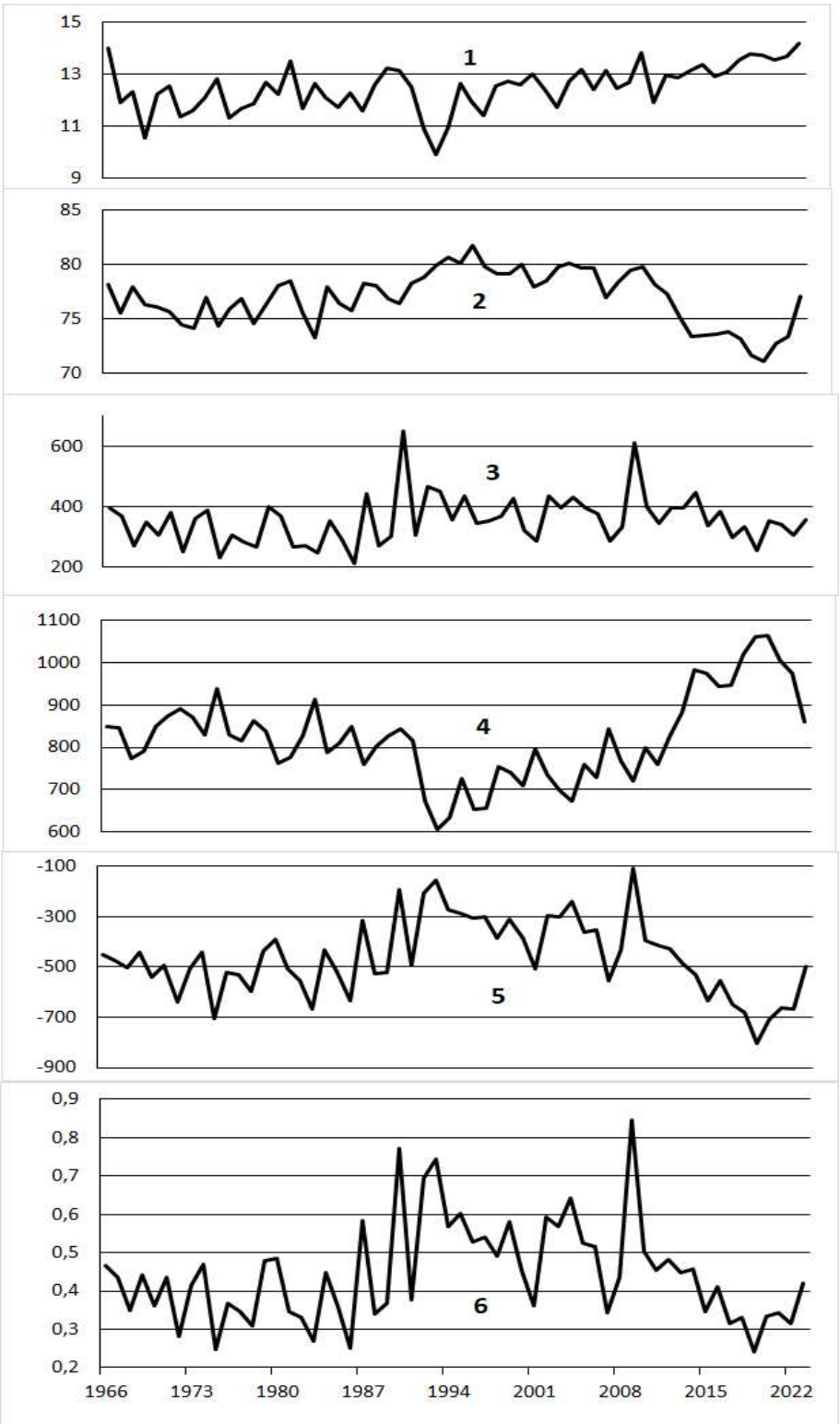


Рис. 9. **Многолетняя изменчивость средних годовых величин метеорологических параметров в приземном слое атмосферы по МС Махачкала: 1 – температуры воздуха, °С; 2 – относительная влажность, %; 3 – годовая сумма осадков, мм; 4 – испаряемость, мм; 5 – баланс увлажнения, мм; 6 – коэффициент увлажнения**

Fig. 9. Long-term variability of the average annual values of meteorological parameters in the atmosphere surface layer according to WS Makhachkala: 1 is air temperature, °C; 2 is relative humidity, %; 3 is annual precipitation, mm; 4 is vaporability, mm; 5 is moisture balance, mm; 6 is moisture coefficient

Более мощным фактором, влияющим на увеличение испаряемости, может быть уменьшение относительной влажности, средняя годовая величина которой в 2020 г. снизилась до 71 %, а за теплый период до 66 % – абсолютных минимумов с 1966 г. Положительный тренд испаряемости в последнее десятилетие совпал с отрицательным трендом атмосферных осадков. В итоге в 2019 г. баланс и коэффициент увлажнения снизились до минимумов (соответственно -804 мм и 0,242 в 2019 г.) [12]. Следует отметить, что наблюдающиеся изменения климатических характеристик в регионе согласуются с отмеченным для Южного федерального округа уменьшением годового стока рек от 5 до 15 % [13]. До 2012 г. повышение среднегодовой температуры воздуха в средней полосе Европейской России (на 2,5 єС с 1901 по 2012 г. [14]) значительно превышало местное по наблюдениям на метеостанции Махачкалы, но в последнее десятилетие регионы поменялись местами.

В отчете Всемирной метеорологической организации сказано, что 2023 г. был самым жарким за всю историю наблюдений. На территории России климатические изменения происходят сходным образом с некоторыми региональными особенностями [15; 16].

Следует отметить, что после 2019 г. в районе Махачкалы наметились признаки смены хода тенденций у большинства показателей на фоне продолжающегося роста температуры. За последние четыре года заметно снизилась испаряемость в результате роста относительной влажности, что привело к соответствующему росту баланса и коэффициента увлажнения (рис. 9). Произошла ли смена направленности тренда климатической изменчивости или относительно непродолжительная флуктуация пока рано судить.

Сейчас в районе вокруг Туралинских озер сложилась сложная водохозяйственная ситуация. У основного, а возможно и единственного для них источника водных ресурсов из коллектора К6, отсутствует единый обладатель полномочий, которые позволяют гарантировать устойчивую подачу в водоемы минимально необходимых объемов воды для реализации тех или иных проектов развития. Если для рыбоводства в оз. Малое Турали коллекторных вод еще может хватить, то для оз. Большое Турали их явно недостаточно. Имеется сомнение и в их достаточности для существования в устойчивом состоянии и естественной водной экосистеме круглый год в условиях аридизации климата.

Возможным решением проблемы водного питания озер может стать подключение их ко второй ветке канала КОР. Однако о наличии в планах такого потребителя или возможности его учета в Отделе водных ресурсов Западно-Каспийского бассейнового водного управления по Республике Дагестан выяснить пока не удалось.

Заключение

По своему происхождению Туралинские озера представляют собой реликтовые лагуны, отчленившиеся от Каспийского моря при падении его уровня. Окончательная связь с ним у оз. Большое Турали прервалась в историческом прошлом. Засушливость климата и небольшие площади водосборов изначально ограничивали водное питание с суши, что определяло естественное состояние озер по типизации М. Г. Валяшко как “сухие” самосадочные бассейны сульфатного гидрохимического типа. Благодаря колебанию увлажненности между преимущественно положительным водным балансом зимой и резко отрицательным летом, устойчивое состояние их экосистем представляло собой сезонную изменчивость между мокрыми и сухими песчаными солончаками.

Местные жители в так называемый период до активного антропогенного воздействия на водоемы (XIX в. – первые десятилетия XX в.) аккуратно использовали их природные ресурсы, добывая соль и черные сероводородные глины донных отложений, которые обладали лечебными свойствами.

Начало активного антропогенного влияния на озера-лагуны связано с включением их в передовой по тем временам технологический процесс производства мирабилита в качестве бассейна с источником рапы, самосадочного бассейна и бассейна для накопления остатков рассолов. Этот период охватил четверть века (с 1930 – до середины 1950-х гг.), а само антропогенное воздействие в полной мере учитывало природные особенности водоемов.

Следует признать, что решение об использовании Туралинских озер для рыбо-

водства, принятое в 1959 г., было ошибочным ввиду отсутствия водных ресурсов в достаточном количестве. Это показал исторический анализ попыток искусственного обводнения озер с использованием всех существовавших доступных источников воды. Изъятие пресной воды из р. Сулака, в дельте которой расположены ценные для рыбного хозяйства озера, и транспортировка ее за сотню километров для обводнения и распреснения сухих лагун не выглядит целесообразным. Современное изменение климата и хозяйственное освоение водосбора способствуют дальнейшему ограничению водного притока в Туралинские озера, в связи с чем следует рассматривать альтернативные рыбоводству варианты использования занимаемых ими земель. Главной экологической проблемой озер остается не отсутствие в них воды, как полагают некоторые экоактивисты, а безудержная застройка прибрежных водоохранных зон и поступление с урбанизированных территорий грязных сточных вод с захламлением побережий, бездействие властей в природоохранном направлении.

Список источников

1. Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Александрова Т. М. Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР (TTTR)": сайт ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД". URL: meteo.ru (дата обращения: 23.03.2024).

2. Иванов Н. Н. Об определении величин испаряемости // Известия Всесоюзного географического общества. 1954. Т. 86. Вып. 2. С. 189-196.

3. Рычагов Г. И. Плейстоценовая история Каспийского моря. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 267 с.

4. Эльдаров М. М. Физическая география Низменного Дагестана // Труды естественно-географического факультета. Махачкала: Дагучпедгиз, 1972. 170 с.

5. Шапоренко С. И. Абдурашидов А. М. Туралинские озера: проблемы и решения для пересыхающих лагун. М.: Медиа-Пресс. 2021. 181 с.

6. Ахмедова Г. А., Расулова М. М. Состояние малых озер в урбанизированных ландшафтах и их защита в условиях антропогенной нагрузки (на примере озер Ак-гель и Большое Турали) // Юг России: экология, развитие. 2009. Т. 4. № 4. С. 134-138.

7. Абдурахманов Г. М., Ахмедова Г. А., Расулова М. М. Оценка современного экологического состояния и трофического статуса водоемов Приморской низменности Дагестана. Махачкала: ДГПУ, 2011. 98 с. EDN: LALHWX

8. Портал "Общественный надзор" Республики Дагестан. URL: https://nadzor.e-dag.ru/event/show/1289_bolshoe_turalinskoe_ozero.html?ysclid=lzbev8p37u41306954 (дата обращения 23.03.2024).

9. Шапоренко С. И., Абдурашидов А. М. История Туралинских озер Дагестана: два подхода к природным ресурсам // История науки и техники. 2021. № 8. С. 25-36. DOI: 10.25791/intstg.8.2021.1303. EDN: DHNOUX

10. Ключевые орнитологические территории

References

1. Bulygina ON, Razuvaev VN, Aleksandrova TM. Description of the data array of daily air temperature and precipitation at meteorological stations in Russia and the former USSR (TTTR): website of the Federal State Budgetary Institution "All-Russian Research Institute for Hydrometeorological Information – World Data Center". URL: meteo.ru (accessed 23.03.2024). (In Russ)

2. Ivanov NN. On the determination of evaporation values. *Bulletin of the All-Union Geographical Society.* 1954;86(2):189-196. (In Russ)

3. Rychagov GI. Pleistocene history of the Caspian Sea. Moscow: Moscow University, 1997:267. (In Russ)

4. Eldarov MM. Physical Geography of Lowland Dagestan. *Proceedings of the Natural-Geographical Faculty.* Makhachkala: Daguchpedgiz, 1972:170. (In Russ)

5. Shaporenko SI. Abdurashidov M. The Turali Lakes: problems and solutions for drying up lagoons. Moscow: Media-Press, 2021:181. (In Russ)

6. Akhmedova GA, Rasulova MM. The condition of small lakes in urban landscapes and their protection in conditions of anthropogenic load (by the example of the Lakes Ak-Gel and Bolshoe Turali). *South of Russia: ecology, development.* 2009;4(4):134-138. (In Russ)

7. Abdurakhmanov GM, Akhmedova GA, Rasulova MM. Assessment of the current ecological state and trophic status of water bodies in the Primorskaya Lowland of Dagestan. Makhachkala: DSPU, 2011:98. (In Russ). EDN: LALHWX

8. Portal "Public Supervision" of the Republic of Dagestan. URL: https://nadzor.e-dag.ru/event/show/1289_bolshoe_turalinskoe_ozero.html?ysclid=lzbev8p37u41306954 (accessed 23.03.2024). (In Russ)

9. Shaporenko SI, Abdurashidov AM. History of the Turaly Lakes of Dagestan: two approaches to natural resources. *Istoriya Nauki i Tekhniki.* 2021(8):25-36. (In Russ). DOI: 10.25791/intstg.8.2021.1303. EDN: DHNOUX

России. Том 3. Ключевые орнитологические территории международного значения в Кавказском экорегионе / под ред. С. А. Букреева, Г. С. Джамирзоева. М.: Союз охраны птиц России, 2009. 302 с.

11. Джамирзоев Г. С., Букреев С. А. Озёра Турали // Водно-болотные угодья России. Т. 6. URL: www.fesk.ru/wetlands/362.html (дата обращения: 23.03.2024).

12. Шапоренко С. И., Дадашев А. М., Абдурашидов А. М. Современные тенденции изменчивости климатических характеристик в районе Махачкалы и гидрологические последствия для Туралинских озер // Метеорология и гидрология. 2021. № 2. С. 99-109. EDN: AHIYHH

13. Изменение климата. Вып. 82 (декабрь 2019 г. – январь 2020 г.). URL: https://www.meteorf.gov.ru/press/news/20435/ (дата обращения: 23.03.2024).

14. Акатов П. В. Глобальное потепление и его региональные последствия для Европейской части России // Живые и биокосные системы. 2016. № 15. С. 14-22. EDN: VOTIKH

15. State of the Global Climate 2023. World Meteorological Organization. URL: https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2023 (дата обращения: 01.06.2024).

16. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. М., 2020. 97 с.

10. Bukreev SA, Dzhamirzoev GS (eds.). Key Bird Areas of Russia. Vol. 3. Key Bird Areas of International Importance in the Caucasus Ecoregion. Moscow: Bird Conservation Union of Russia, 2009:302. (In Russ)

11. Dzhamirzoev GS, Bukreev SA. Turali Lakes. *Wetlands of Russia. Vol. 6.* URL: www.fesk.ru/wetlands/362.html (accessed 23.03.2024). (In Russ)

12. Shaporenko SI, Dadashev AM, Abdurashidov AM. Modern trends in variability of climatic characteristics in the area of Makhachkala and hydrological consequences for the Turali Lakes. *Meteorologiya I Gidrologiya.* 2021(2):99-109. (In Russ). EDN: AHIYHH

13. Climate Change. Iss. 82 (December 2019 – January 2020). URL: https://www.meteorf.gov.ru/press/news/20435/ (accessed 23.03.2024). (In Russ)

14. Akatov PV. Global warming and its regional consequences for the European part of Russia. *Live and Bio-Abiotic Systems.* 2016(15):14-22. (In Russ). EDN: VOTIKH

15. State of the Global Climate 2023. World Meteorological Organization. URL: https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2023 (accessed 01.06.2024).

16. Report on the features of the climate in the territory of the Russian Federation for 2019. Moscow, 2020:97. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Абдурашидов Абдурашид Магомедович, адвокат, Адвокатская палата Республики Дагестан, Махачкала, Россия, abdu6@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3290-6259

Шапоренко Сергей Иванович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, лаборатория гидрологии, Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия, ser-shaporenko@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-4152-8031

Критерии авторства

Абдурашидов А. М., Шапоренко С. И. внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 04.06.2024
Одобрена после рецензирования 17.06.2024
Принята к публикации 18.06.2024

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Abdurashid M. Abdurashidov, lawyer, Law Chamber of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia, abdu6@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3290-6259

Sergey I. Shaporenko, Ph.D. (Geography), Senior Researcher, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, ser-shaporenko@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-4152-8031

Contribution of the authors

Abdurashidov A. M., Shaporenko S. I. made equivalent contributions to the publication.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 04.06.2024
Approved after reviewing 17.06.2024
Accepted for publication 18.06.2024

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 314.7
DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-46-54
EDN: WYBKHQ

Современные проблемы миграции населения в регионах Азербайджана (на примере Миль-Муганского экономического района)

© 2024 **Байрамов Э. А.**✉
Институт географии им. акад. Г. А. Алиева
Баку, Азербайджан, ebayramov9797@gmail.com✉

РЕЗЮМЕ. Цель – анализ тенденции внутренних миграционных процессов населения регионов Азербайджана на примере Миль-Муганского экономического района. **Материалы и методы.** Использовались статистические данные Государственного комитета статистики Азербайджана (Azərbaycan Respublikası Dövlət Statistika Komitəsi) и материалы переписи населения Азербайджана 2019 г. Также использованы методы статистического, сравнительного, системно-структурного и других анализов. **Результаты**. В первые годы независимости (1991-2000) Миль-Муганский экономический район столкнулся с огромными социально-экономическими трудностями, и это усилило кризисную ситуацию в регионе, поскольку находился в то время по соседству с зоной боевых действий. Эти процессы значительно увеличили интенсивность миграционных процессов, особенно миграции из сельской местности, поскольку многие люди мигрировали в основном в административные городские центры и столицу. Анализ статистического материала свидетельствует о том, что в начале XXI в. произошли изменения в демографических процессах, население региона стало иметь очень высокий естественный прирост в республике, значение миграционных процессов отличалось снижающимися темпами. Такой быстрый рост в регионе уже в двадцатые годы создал проблемы с трудоустройством, поэтому отрицательное сальдо миграции увеличилось, и трудовая миграция стала характерным для региона. **Выводы.** В исследуемом регионе в постсоветское время наиболее интенсивные миграционные процессы происходили в 1991-2000 гг., число выбывших мигрантов в этом периоде в 3 раза превышает показатели последнего десятилетия советской эпохи. В XXI в. наибольшее отрицательное сальдо миграции для экономического региона наблюдалось в 2016-2022 гг. Результаты исследования показывают, что в регионе основной категорией населения, влияющей на миграционные процессы, является молодежь. Поэтому необходимо обеспечить социально-экономическую устойчивость и создать оптимальные условия именно для молодежи. Путем исследования взаимосвязи экономических факторов и миграции в регионе были определены стратегические пути создания демографической стабильности на перспективу.

Ключевые слова: Миль-Муганский экономический район, миграция, демографический процесс, естественный процесс, городское население, сельское население.

Формат цитирования: Байрамов Э. А. Современные проблемы миграции населения в регионах Азербайджана (на примере Миль-Муганского экономического района) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 18. № 2. С. 46-54. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-18-2-46-54. EDN: WYBKHQ

Current Issues of Population Migration in the Regions of Azerbaijan (Case Study: Mil-Mugan Economic Region)

© 2024 **Elvin A. Bayramov**✉
Institute of Geography named after Academician Hasan Aliyev
Baku, Azerbaijan, ebayramov9797@gmail.com✉

ABSTRACT. The article **aim** is to analyze the trends of internal population's migration processes in the regions of Azerbaijan using the Mil-Mugan Economic Region as an example. **Materials and Methods.** The statistical data of the State Statistical Committee of Azerbaijan (Azərbaycan Respublikası Dövlət Statistika Komitəsi) and the 2019 Azerbaijan Population Census were used. Methods of statistical, comparative, system-structural and other analyses were also used. **Results.** In the first years of independence (1991-2000), the Mil-Mugan Economic Region faced enormous socio-economic difficulties, which aggravated the crisis situation in the region, since it was located at that time next to the combat zone. These processes have significantly increased the intensity of migration processes, especially migration from rural areas, since many people migrated mainly to administrative urban centers and the capital. The analysis of statistical material shows that at the beginning of the 21st century there were changes in demographic processes, the population of the region began to have a very high natural increase in the republic, the significance of migration processes was characterized by decreasing rates. Such rapid growth in the region already in the twenties created problems with employment, therefore the negative balance of migration increased and labor migration became characteristic of the region. **Conclusions.** In the region under study, the most intensive migration processes in the post-Soviet period occurred in 1991-2000, the number of outgoing migrants in this period is 3 times higher than the figures for the last decade of the Soviet era. In the 21st century the largest negative migration balance for the economic region was observed in 2016-2022. The results of the study show that the main category of the population influencing migration processes in the region is youth. Therefore, it is necessary to ensure socio-economic stability and create optimal conditions specifically for young people. By studying the relationship between economic factors and migration in the region, strategic ways of creating demographic stability for the future were identified.

Keywords: Mil-Mugan Economic Region, migration, demographic process, natural growth, urban population, rural population.

For citation: Bayramov EA. Current Issues of Population Migration in the Regions of Azerbaijan (Case Study: Mil-Mugan Economic Region). *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2024;18(2):46-54. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-46-54. EDN: WYBKHQ

Введение

Основной причиной миграционных потоков населения является экономическое и социальное положение региона. Различные факторы, такие как наличие возможностей трудоустройства, перспективы занятости, современные жилищные условия и доступность социальных и культурных услуг, оказывают существенное влияние на структуру миграции. Когда регион предоставляет достаточно возможностей для трудоустройства, потенциальные жители более склонны к переездам туда, что способствует развитию этого региона. Напротив, в регионах, лишенных экономической и социальной инфраструктуры, может наблюдаться сокращение численности населения в результате миграции жителей в поисках лучших условий жизни. В частности, такой экономический район, как Миль-Муганский, представляет собой уникальный пример изучения этой динамики. Понимание траектории его расселения и разработка стратегий по его регулированию имеют огромную научную и практическую ценность. Анализ текущих демографических тенденций и экономической структуры этого региона позволяет выявить различные проблемы, с которыми сталкивается население. Эти проблемы могут включать в себя безработицу, непригодное жилье, нехватку социальных услуг. Решение этих вопросов требует разработки целенаправленных путей улучшения условий жизни в регионе. Например, увеличения возможностей трудоустройства можно добиться за счет инвестиций в местную промышленность или привлечения новых предприятий. Улучшение жилищных условий может потребовать строительства современных жилых домов и предоставления доступных вариантов жилья. Расширение социальных и культурных услуг может включать строительство новых школ, больниц и развлекательных центров. Кроме того, в этом контексте важно признать роль природно-географических факторов. Климатические условия, рельеф и природные ресурсы Миль-Муганского района также влияют на занятость населения в этом регионе и перспективы его развития. Объединение этих природно-географических аспектов с экономиче-

скими и социальными стратегиями может привести к разработке более устойчивых и разносторонних планов развития.

Материал и методы изучения

Зарубежными научными исследователями, изучающими мировые миграционные процессы, являются Лукассен Дж. [1], Мэсси Д. С. [2], Хорев Б. С. и Чапек В. Н. [3], Комарова О. [4] и т. д. Среди азербайджанских исследователей это Эминов З. Н. [5], Пашаев Н. [6], Бадалов Э. С. [7], Тахирова Х. М. [8], Керимов Р. Н. [9], Мамедов И. Б. [10] и т. д. Их работы по занятости и миграционным процессам написаны на основе информации Государственного комитета статистики Азербайджана. В исследовании были использованы методы статистического, сравнительного, системно-структурного и других анализов.

Результаты и их обсуждение

Миграция (механическое перемещение) населения – один из процессов, определяющих демографическую ситуацию страны и ее регионов на разных этапах развития, а также особенности ее развития, условия жизни населения, социальные и культурные условия регионов расселения, перспективы развития. Хотя миграция населения носит добровольный характер, но на ее интенсивность сильно влияют общественно-политические процессы, социально-демографическая политика страны, решение проблем, возникающих в сфере социальной защиты, а также экономический сектор и территориальная структура. В системе расселения регионов, будь то городская или сельская местность, миграция формируется под влиянием экономических и социально-демографических факторов. В наше время люди мигрируют из сельской местности в города, потому что они ищут лучшие экономические возможности, более высокооплачиваемую работу или лучшие условия жизни, лучшее жилье и доступ к услугам здравоохранения и образования. Миграция из городов в сельские районы может быть связана с желанием вести менее напряженный образ жизни, иметь возможность ведения сельского хозяйства. Также кризис в экономике страны в конце 2015 г., то есть девальвация денег, усилил отток людей из городов в села. Но на данный момент предыдущий процесс повторяется. Демографическое развитие городского и сельского населения в последние 20 лет происходило по разным направлениям, особенно превосходили демографические показатели у сельского населения. Бурное развитие городов было связано с реконструкцией и строительством различной инфраструктуры и сфер обслуживания, включая транспортные сети, школы и больницы, относящиеся к социальной инфраструктуре. Формирование интенсивности миграции населения в регионах является неотъемлемой частью процессов, происходящих в республике.

Аграрные реформы последних лет привели к существенным изменениям в полевой структуре сельского хозяйства, снижению роли полей, которые ранее позволяли развивать перерабатывающую промышленность и давали сырье, что отрицательно сказалось на ослаблении предприятий и обеспечение работой. Такая ситуация увеличивает интенсивность перенаселения. Эти изменения наблюдаются и в Миль-Муганском экономическом районе. Высокий естественный прирост населения на протяжении многих лет позволял его численности увеличиваться высокими темпами. Однако проблемы с обеспечением рабочими местами и низкий уровень социальных условий жизни приводят к увеличению миграции. В период независимости республики, оккупация до 20 % территории страны и соседское положение с этим регионом обусловили неблагоприятное экономико-географическое и транспортное положение и существенно замедлили развитие экономического района. Наличие военного положения в соседнем Карабахском регионе отличалось более быстрой миграцией, особенно в Бейлаганском и Имишлинском районах (табл. 1). В результате достигнутой в 2020 г. победы экономическое положение района стало очень выгодным, поскольку через территорию района проходят основные магистрали, ведущие в Карабах и Восточный Зангезур.

Миль-Муганский район – регион страны, сравнительно плохо обеспеченный природными ресурсами, в связи с чем производство, основанное на эксплуатации природных ресурсов, и зоны обслуживания сети тоже редкие. Хозяйственные предприятия экономического района функционируют на основе переработки выращиваемого здесь хлопка, овощей,

сухих субтропических фруктов, а также продукции животноводства. Проблема занятости в сельской местности существенно отличается от городской. Во многих деревнях экономика ограничивается сельским хозяйством, и возможностей трудоустройства меньше, чем в городах.

Социально-демографическая ситуация в экономическом районе привела в последнее время к дальнейшему увеличению миграционной интенсивности населения. В 1980-1990-е гг. из города выехало 13 486 жителей, а из экономического района приехало 10 133 чел. В результате миграционный баланс населения составил -3 353 чел. В анализируемом периоде наибольшее миграционное сальдо населения экономического района было характерно для Имишлинского района. Доля этого региона в структуре баланса составила 71,2 %, а в других регионах доля каждого составляла более 9 %. В этот период большая часть покинувших экономический район мигрировала в Баку и прилегающие районы (табл. 1). В конце Советского периода в этих регионах увеличилось количество людей, мигрирующих из сельской местности в районные центры, и это было связано с открытием там промышленных предприятий. В 1970-1989-е гг. самый быстрый рост среди областных городов был в Саатлы (113,6 %), Бейлагане (59,2 %) и Имишли (44,4 %). В этот период более половины населения Саатлы и Бейлагана были выходцами из сел. Наименьший прирост – 37,3 % произошел в Сабирабадском районе и выбран только за отрицательную характеристику миграционного баланса городского населения. Хотя Сабирабадский район отличался самым высоким естественным приростом в стране в 1979-1989-е гг., в последующие периоды наблюдалось его снижение [12].

За первые 10 лет независимости интенсивность миграции по отдельным регионам анализируется вместе с общим и естественным приростом. При анализе показателей миграции, зарегистрированных после 1991 г., мы наблюдаем миграцию населения в Миль-Муганском, а также в большинстве других экономических районах. В 1991-2000-е гг. из-за соседского положения с военным регионом экономический район покинули около 10 тыс. чел., и он имел самый высокий миграционный баланс в стране. Миграция в города экономического района ослабела, только в г. Сабирабад миграция была высокой и составляла более половины прироста городского населения. В этот же период влияние военного процесса и экономического кризиса в стране на миграцию было больше. В 1991-2000-е гг. средний прирост населения городов области составил 15-19 %, тогда как в г. Сабирабаде этот показатель составил более 48 %. В 2001-2005-е гг. сальдо миграции в экономическом районе составило -1,8 тыс. чел., а численность населения сократилась до 1 800 чел. за счет отрицательного сальдо миграции в анализируемые годы. Хотя общий прирост, а также естественный прирост более характерен для Сабирабадского и Имишлинского районов, сальдо миграции было отрицательным.

Таблица 1. **Динамика прироста населения в административных районах Миль-Муганского региона [11]**

Table 1. Dynamics of population growth in the administrative districts of the Mil-Mugan Region [11]

Административный район Administrative region	**1980-1990-е гг. (тыс. чел.)** 1980-1990 (thousand people)			**1991-2000-е гг. (тыс. чел.)** 1991-2000s (thousand people)		
	Прибывшие Arrived	**Выбывшие** Departed	**Сальдо миграции** Migration balance	**Общий прирост** Total increase	**Естественный прирост** Natural increase	**Сальдо миграции** Migration balance
Бейлаганский	2903	3222	-319	10,7	13,0	-2,3
Имишлинский	3296	5685	-2389	13,6	16,3	-2,7
Саатлынский	976	1290	-314	11,7	14,5	-2,8
Сабирабадский	2958	3289	-331	19,9	22,0	-2,1
Экономический район	10133	13486	-3353	55,9	65,8	-9,9

Таблица 2. **Естественный и миграционный прирост населения экономического района (тыс. чел.) [13; 14]**

Table 2. Natural and migration growth of the population in the economic region (thousand people) [13; 14]

Административный район Administrative region	**2001-2005-е гг.**			**2006-2010-е гг.**			**2011-2015-е гг.**			**2016-2022-е гг.**		
	Естественный прирост Natural increase	**Сальдо миграции** Migration balance	**Общий прирост** Total increase	**Естественный прирост** Natural increase	**Сальдо миграции** Migration balance	**Общий прирост** Total increase	**Естественный прирост** Natural increase	**Сальдо миграции** Migration balance	**Общий прирост** Total increase	**Естественный прирост** Natural increase	**Сальдо миграции** Migration balance	**Общий прирост** Total increase
Бейлаганский	3,7	-0,6	3,1	6,1	-0,9	5,2	7,3	-0,2	7,1	5,5	0,0	5,5
Имишлинский	5,2	-0,6	4,6	7,4	-1,1	6,3	9,2	-0,4	8,8	8,0	-3,2	4,8
Саатлынский	4,4	-0,2	4,2	6,9	-0,3	6,6	8,7	-0,4	8,3	7,4	-1,6	5,8
Сабирабадский	6,4	-0,4	6,0	10,2	-0,5	9,7	15,0	-0,1	14,9	12,8	-5,3	7,5
Экономический район	19,7	-1,8	17,9	30,6	-2,8	27,8	40,2	-1,1	39,1	33,7	-10,1	23,6
Азербайджан	365,8	-10,5	355,3	506,1	1,9	508,0	586,5	8,0	594,5	469,6	5,9	421,5

В 2006-2010-е гг. сальдо миграции в экономическом районе составило -2,8 тыс. чел. В этот период общим приростом в большей степени отличались Сабирабадский и Имишлинский районы, а естественным приростом – Сабирабадский и Саатлинский районы. Миграционный баланс был более характерен для Имишлинского и Бейлаганского районов и увеличился примерно в 1,5 раза по сравнению с предыдущими 5 годами (табл. 2). В этот период столь резкое увеличение миграции привело к росту безработицы в результате более быстрого естественного прироста населения, особенно в сельской местности, и, как следствие, усилилась миграция населения в столицу и ее окрестности. В административных районах, входящих в экономический район, приток населения продолжился. Однако абсолютные показатели естественного прироста зависят прежде всего от численности населения. Так, абсолютная численность естественного прироста в Сабирабадском и Имишлинском районах с большой численностью населения в 2001-2010-е гг. составила более 13,0-17,0 тыс. чел. Увеличение интенсивности миграции было вызвано высокими темпами прироста населения. Если доля экономического региона в общем приросте страны в этом десятилетии составила 5,3 %, то его доля в естественном приросте составила 5,8 %. По этой причине доля миграционного баланса экономического региона по стране составила 5,3 %. Согласно анализу, сальдо миграции в 2011-2015-е гг. существенно снизилось по сравнению с предыдущими периодами, но осталось отрицательным. Самые высокие показатели этого процесса были в Имишлинском и Саатлинском (по -0,4 тыс. чел. в каждом) районах. В двух других регионах сальдо миграции составляло до -100-200 чел. Этот период выделялся как самый низкий уровень за 5 лет из последних 30. Основное изменение в демографическом развитии экономического региона характеризовалось наименьшим уровнем миграционной интенсивности при высоких темпах естественного прироста населения. В этот период Сабирабадский и Имишлинский районы больше выделялись естественным и общим приростом. В 2016-2022-е гг., как и по стране, абсолютная численность естественного прироста в Миль-Муганском экономическом районе значительно снизилась, однако сальдо миграции достигло наибольшего отрицательного показателя и составило более -10 000 чел. Это превысило отрицательный баланс первого десятилетия периода независимости страны. В этот период наибольший естественный прирост в абсолютной численности наблюдается в Имишлинском и Сабирабадском районах, однако эти районы имеют большой отрицательный показатель по миграционному балансу. Сабирабадский и Имишлинский районы отличались самым большим отрицательным показателем за последние 20

лет. Наряду с естественным приростом в административных районах, входящих в экономический район, возросла и отрицательная интенсивность миграции. Этот процесс связан с отсутствием принципиальных изменений в обеспечении занятости населения и улучшении социокультурных условий жизни на протяжении многих лет. В Бейлаганском районе миграция населения в этот период снизилась, и количество выехавшего населения сравнялось с количеством прибывшего. В Саатлинском районе число выехавших за этот период людей было в 2 раза больше, чем за последние 15 лет. Участие региона во внешних миграционных процессах было более интенсивным с Россией, Турцией, странами СНГ и др. Трудовая миграция в Азербайджанской Республике играет важную роль во внешней миграции.

Анализ 1991-2019-х гг. показывает, что самый высокий показатель приезда населения из зарубежных стран и других административных регионов был характерен для Бейлаганского района, а количество приехавших сюда приблизилось к 9,8 тыс. чел., или приблизилось к 50 % из этого населения или 4,8 тыс. чел. прибыли в 1991-1998 гг. Из прибывших 7,3 тыс. чел. поселилось в городах, а 2,5 тыс. чел. – в сельской местности. По половому составу прибывшего населения 62 % составляли женщины, а остальные 38 % – мужчины. Среди прибывшего населения 95 % или 9,3 тыс. чел. были из внутренних регионов страны и 0,5 тыс. чел. – из зарубежных стран. Также среди приехавших из внутренних регионов страны 43 % были выходцами из городских районов. В период с 2014 по 2019 г. количество прибывших значительно сократилось и составило 10 % от общего числа прибывших.

Вторым по величине иммиграционным районом был Сабирабадский. Число приехавших сюда составило 5,9 тыс. чел., причем 71 % этого населения или 4,2 тыс. чел. приехали в 1991-1998 гг. В этом регионе произошел обратный процесс: 5,4 тыс. чел. расселились в сельской местности, а 0,5 тыс. чел. – в городах. 61 % прибывшего населения составляли женщины, а остальные 39 % – мужчины, 4,9 тыс. чел. прибыли из внутренних районов страны и 1,0 тыс. чел. – из зарубежных стран. 55 % приехавших из внутренних регионов страны были выходцами из городских районов. Число прибывших в 2014-2019 гг. составило 21 % от общего числа прибывших в этот регион (табл. 3).

В Саатлинском районе количество людей, прибывших из зарубежных стран и других административных районов, составило 4,9 тыс. чел., причем около 82 % этого населения или 4,0 тыс. чел. прибыли в 1991-2008 гг. За 1991-2019 гг. в административном центре поселилось всего 0,3 тыс. чел., а в сельской местности – 4,6 тыс. чел. или 93 % иммигрантов. Среди прибывшего населения по половому соотношению 66 % составляли женщины, остальные 34 % – мужчины. Среди иммигрантов 2,6 тыс. чел. или 53 % прибыли из внутренних регионов страны и 2,3 тыс. чел. или 47 % – из-за границы. Из числа приехавших из внутренних районов страны 1,4 тыс. чел. были выходцами из городов. В период с 2014 по 2019 г. количество прибывших значительно сократилось и составило более 10 % от общего числа прибывших (табл. 3).

Таблица 3. **Динамика распределения внешнего и внутригосударственных миграций в экономическом районе (чел.) [15]**

Table 3. Dynamics of distribution of external and intrastate migration in the economic region (people) [15]

Регион Region	**Сумма**	**До 2008 года**	**2009-2013**	**2014-2017**	**2018 год и далее**
Азербайджанская Республика	1051831	753628	117997	125230	54976
Экономический район	23496	19379	1195	2363	559
Бейлаганский район	9827	8432	518	588	289
Имишлинский район	2889	2508	161	140	80
Сабирабадский район	5898	4431	204	1170	93
Саатлынский район	4882	4008	312	465	97

В исследуемый период Имишлинский район отличался наименьшим количеством прибывших. Здесь число прибывших из зарубежных стран и других административных районов составило 2,9 тыс. чел., причем в 1991-2008 гг. прибыло около 87 % этого населения или 2,5 тыс. чел. За этот период из прибывших в городской местности поселилось 2,1 тыс. чел. или 73 %, а в сельской местности – 0,8 тыс. чел. (27 %). Среди прибывшего населения женщины составляли 62 %, а 38 % – мужчины. Основная часть иммигрантов 97 % или 2,8 тыс. чел. прибыли из внутренних административных районов страны и около 100 чел. или 3 % – из зарубежных стран (табл. 3).

Во внутренних регионах страны количество жителей городской и сельской местности было равное. Число прибывших в 2014-2019 гг. составило около 8 % от общего числа прибывших в этот регион. В исследуемом регионе в постсоветское время наиболее интенсивные миграционные процессы наблюдались в 1991-2000 гг., число выбывших мигрантов в этом периоде было в 3 раза выше показателя последнего десятилетия советской эпохи. В XXI в. наибольшее отрицательное сальдо миграции для экономического региона было в 2016-2022 гг. Результаты исследования также показывают, что в регионе основной категорией эмигрирующего населения является молодежь в возрасте 16-19 лет, которые отправляются за образованием в столицу или региональные центры. А также большей трудовой активностью выделяется возрастная группа 24-29 лет, которая составляют основу трудовой миграции. По половому составу эмигрантов мужчины составляют более 80 %. Поэтому в исследуемом периоде отрицательное сальдо миграции стало характерным для региона.

Заключение

В исследуемом регионе в постсоветское время наиболее интенсивные миграционные процессы были в 1991-2000 гг., число выбывших мигрантов в этом периоде было в 3 раза выше показателя последнего десятилетия советской эпохи. В советский период наибольшее отрицательное сальдо миграции было характерно для Имишлинского района, а доля миграционного сальдо экономического района составляла более 70 % от всего региона.

В первое десятилетие независимости условия войны и экономический кризис в стране и регионах дали толчок ускорению миграции. В этом периоде для региона была характерна трудовая миграция.

Во втором этапе исследуемого периода (2001-2022 гг.) наибольшее отрицательное сальдо миграции для экономического региона наблюдалось в 2016-2022 гг., а наименьшее – в 2011-2015 гг.

Среди административных районов самый большой показатель отрицательного сальдо миграции был в Сабирабадском (-6,3 тыс. чел.) и Имишлинском районах (-5,3 тыс. чел.), в то время как в остальных районах этот показатель относительно низкий.

В этом периоде для региона абсолютный показатель естественного прироста составил 124,2 тыс. чел., а механический прирост – 15,8 тыс. чел. Такой быстрый рост в экономическом районе в двадцатые годы создал проблемы с трудоустройством, и поэтому отрицательное сальдо миграции увеличилось, и трудовая миграция стала характерным для региона.

Анализ 1991-2019 гг. показывает, что в этом регионе доля прибывших в страну составляет 2,2 %, а более 90 % приезжающих в экономической район – мигранты из других регионов страны. Показатель доли прибывших был различным для административных районов внутри региона. В Бейлаганском он составил 41,8 %, в Сабирабадском – 25,1 %, в Саатлинском – 20,8 % и в Имишлинском – 12,3 %. Среди административных районов только в Саатлинском из-за границы прибыло более половины иммигрирующего населения. Во всех районах среди прибывших характерно преобладание женщин (более 60 %) и детей. Результаты исследования показывают, что в регионе основной категорией населения, влияющей на миграционные процессы, в том числе эмиграцию, является молодежь.

Результаты исследования показывают, что миграционные потоки в регион и из него тесно связаны с его экономическим и социальным положением. Миль-Муганский экономический район является важным примером для изучения этих процессов и факторов. Решение наблюдаемых проблем, использование природных и социально-экономических ресурсов приведут к более динамичному развитию региона и, как следствие, улучшению качества жизни жителей. Реализация принимаемых мер в направлении решения

проблем занятости населения окажет положительное влияние на эффективное регулирование расселения и демографических процессов. В регионе актуально обеспечение социально-экономической устойчивости и создание оптимальных условий для деятельности молодежи, прежде всего открытие агропромышленных комплексов, текстильных предприятий и др., разработка эффективных механизмов для сохранения устойчивости семьи, особенно среди трудовых мигрантов, создание государственной стратегии по демографической политике.

Список литературы

1. Lucassen J, Lucassen L. (eds.) Migration, migration history, history: old paradigms and new perspectives. Bern: Peter Lang. 1997:454.

2. Massey DS, Arango J, Hugo G, Kouaouci A, et al. An evaluation of ınternational migration theory: the North American Case. *Population and Development Review.* 1994;20(4):699-751.

3. Хорев Б. С. Проблемы изучения миграции населения. М.: Мысль, 1978. 254 с.

4. Комарова О. Д., Тишкова В. А., Савоскул С. С., Субботина И. А. и др. Миграции и новые диаспоры в постсоветских государствах. М.: Институт этнологии и антропологии им. Н. Н. Миклухо-Маклая РАН, 1996. 238 с. EDN: QIJXET

5. Eminov ZN. Azərbaycan əhalisi. Bakı: Çıraq, 2005:560.

6. Paşayev N. Müasir miqrasiya formalarının elmi nəzəri əsasları və Azərbaycan ərazisində əhali miqrasiyasının yaratdığıiqtisadi-coğrafi problemlərin tədqiqi. *Azərbaycanda Miqrasiya Siyasəti: nailiyyətlər və inkişaf perspektivləri mövzusunda elmi praktik konfrans materialları.* Bakı: Xəzər Universiteti Nəşriyyatı, 2017:143-156.

7. Bədəlov ES. Azərbaycanın iri və böyük şəhərlərində miqrasiyanın əsas meyilləri. *ACC əsərləri XIX cild.* Bakı, 2017:364-369.

8. Tahirova HM. Naxçıvan MR-da miqrasiyanın demoqrafik proseslərə təsirinin iqtisadi-coğrafi problemləri. Bakı, 2016:206.

9. Kərimov RN. Təbii fəlakətlərin səbəb olduğu əhali miqrasiyalarının tənzimlənməsi. *Azərbaycanda Miqrasiya Siyasəti: nailiyyətlər və inkişaf perspektivləri mövzusunda elmi praktik konfrans materialları*. Bakı: Xəzər Universiteti Nəşriyyatı, 2017:161-165.

10. Məmmədov İB. Postsovet məkanından Avropaya miqrasiya axını. *BDU Xəbərləri, Təbiət elmləri seriyası*. Bakı, 2018(3):110-120.

11. Azərbaycanın əhalisi: 1990-2022, statistik bülletenlər. Bakı: DSK, 2023:100.

12. Aran iqtisadi rayonunda demoqrafik inkişaf problemləri və əhalinin məskunlaşması. Bakı, 2022:349.

13. Azərbaycanın demoqrafik göstəriciləri. Bakı: DSK, 2013:90.

14. Azərbaycanın demoqrafik göstəriciləri. Bakı: DSK, 2023:570.

15. Azərbaycan əhalisinin siyahıyaalınması materialları. 2019 il. XXV cild. Bakı: DSK, 2022:800.

References

1. Lucassen J, Lucassen L. (eds.) Migration, migration history, history: old paradigms and new perspectives. Bern: Peter Lang. 1997:454.

2. Massey DS, Arango J, Hugo G, Kouaouci A, et al. An evaluation of ınternational migration theory: the North American Case. *Population and Development Review.* 1994;20(4):699-751.

3. Khorev BS. Problems of studying population migration. Moscow: Mysl, 1978;254. (In Russ)

4. Komarova OD, Tishkova VA, Savoskul SS, Subbotina IA, et al. Migrations and new diasporas in post-Soviet states. Moscow: N. N. Miklouho-Maclay Institute of Ethnology and Anthropology, Russian Academy of Sciences, 1996:238. (In Russ). EDN: QIJXET

5. Eminov ZN. Azərbaycan əhalisi. Bakı: Çıraq, 2005:560.

6. Paşayev N. Müasir miqrasiya formalarının elmi nəzəri əsasları və Azərbaycan ərazisində əhali miqrasiyasının yaratdığıiqtisadi-coğrafi problemlərin tədqiqi. *Azərbaycanda Miqrasiya Siyasəti: nailiyyətlər və inkişaf perspektivləri mövzusunda elmi praktik konfrans materialları.* Bakı: Xəzər Universiteti Nəşriyyatı, 2017:143-156.

7. Bədəlov ES. Azərbaycanın iri və böyük şəhərlərində miqrasiyanın əsas meyilləri. *ACC əsərləri XIX cild.* Bakı, 2017:364-369.

8. Tahirova HM. Naxçıvan MR-da miqrasiyanın demoqrafik proseslərə təsirinin iqtisadi-coğrafi problemləri. Bakı, 2016:206.

9. Kərimov RN. Təbii fəlakətlərin səbəb olduğu əhali miqrasiyalarının tənzimlənməsi. *Azərbaycanda Miqrasiya Siyasəti: nailiyyətlər və inkişaf perspektivləri mövzusunda elmi praktik konfrans materialları*. Bakı: Xəzər Universiteti Nəşriyyatı, 2017:161-165.

10. Məmmədov İB. Postsovet məkanından Avropaya miqrasiya axını. *BDU Xəbərləri, Təbiət elmləri seriyası*. Bakı, 2018(3):110-120.

11. Azərbaycanın əhalisi: 1990-2022, statistik bülletenlər. Bakı: DSK, 2023:100.

12. Aran iqtisadi rayonunda demoqrafik inkişaf problemləri və əhalinin məskunlaşması. Bakı, 2022:349.

13. Azərbaycanın demoqrafik göstəriciləri. Bakı: DSK, 2013:90.

14. Azərbaycanın demoqrafik göstəriciləri. Bakı: DSK, 2023:570.

15. Azərbaycan əhalisinin siyahıyaalınması materialları. 2019 il. XXV cild. Bakı: DSK, 2022:800.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ
Принадлежность к организации

Байрамов Эльвин Ариф оглы, докторант, отдел демографии и географии населения, Институт географии им. акад. Г. А. Алиева, Баку, Азербайджан, ebayramov9797@gmail.com, https://orcid.org/0009-0003-4543-7943

Научный руководитель: Бадалов Э. С., кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник, отдел демографии и географии населения, Институт географии им. акад. Г. А. Алиева, Баку, Азербайджан.

INFORMATION ABOUT TNE AUTHOR
Affiliation

Elvin A. Bayramov, Ph.D. student, Department of Demography and Geography of Population, Institute of Geography named after Academician Hasan Aliyev, Baku, Azerbaijan, ebayramov9797@gmail.com, https://orcid.org/0009-0003-4543-7943

Scientific Supervisor: Badalov E. S., PhD (Geography), Associate Professor, Senior Researcher, Department of Demography and Geography of Population, Institute of Geography named after Academician Hasan Aliyev, Baku, Azerbaijan.

Статья поступила в редакцию 03.06.2024
Одобрена после рецензирования 17.06.2024
Принята к публикации 20.06.2024

The article was submitted 03.06.2024
Approved after reviewing 17.06.2024
Accepted for publication 20.06.2024

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 504.064.2
DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-54-63
EDN: XZDTFF

Состояние растительных сообществ дендропарка Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра

© 2024 Бондарь Е. В., Харина Е. И.✉,
Мовсесова В. В., Гандрабурова Н. И., Березина Н. А.
Северо-Кавказский федеральный университет
Ставрополь, Россия, evbondar68@gmail.com; euphorbia@mail.ru✉;
viktoriya-movsesova@yandex.ru; nadivgan@mail.ru; ya.anisimova-natali28@yandex.ru

РЕЗЮМЕ. Цель – оценка степени устойчивости и современного экологического состояния растительных сообществ памятника природы краевого значения для получения объективной информации об уровне их жизнеспособности и эстетической ценности. **Методы.** Применялись качественные методики оценки древесно-кустарниковой растительности и ландшафта: оценка экологического состояния дендрофлоры по методике Е. Г. Куликовой, оценка эстетических свойств ландшафтов, оценка природоохранной ценности, анализ динамики изменения жизненных форм растительности по методикам C. Raunkiær и И. Г. Серебрякова. **Результаты**. Оценка природоохранной ценности, значимости и эффективности дендрария показала его ценность как на местном, так и региональном уровне. Выделены особо значимые функции дендропарка, такие как: рефугиумная, резерватная, монументальная, эколого-стабилизирующая. **Выводы.** Для сохранения этих функций на современном этапе необходимо подтверждение природоохранного статуса.

Ключевые слова: дендропарк, памятник природы, устойчивое развитие, природоохранная эффективность.

Формат цитирования: Бондарь Е. В., Харина Е. И., Мовсесова В. В., Гандрабурова Н. И., Березина Н. А. Состояние растительных сообществ дендропарка Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2024. Т. 18. № 2. С. 54-63. DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-54-63. EDN: XZDTFF

The State of Plant Communities in the Arboretum of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center

© 2024 **Elena V. Bondar, Elena I. Kharina✉, Victoria V. Movsesova, Nadezhda I. Gandraburova, Natalia A. Berezina**
North Caucasus Federal University
Stavropol, Russia, evbondar68@gmail.com; euphorbia@mail.ru✉;
viktoriya-movsesova@yandex.ru; nadivgan@mail.ru; ya.anisimova-natali28@yandex.ru

ABSTRACT. The **aim** of the paper is to assess the degree of sustainability and the current ecological state for plant communities of a regional significance natural monument in order to obtain objective information about the level of their viability and aesthetic value. **Methods**. Qualitative methods of assessing tree and shrub vegetation and landscape were used: assessment of the ecological state of dendroflora using E. G. Kulikova's method, assessment of the landscapes aesthetic properties, assessment of conservation value, analysis of the changes dynamics in vegetation life forms using the methods of C. Raunkiær and I. G. Serebryakov. **Results.** Assessment of the conservation value, significance and effectiveness of the arboretum showed its value both at the local and regional levels. The most significant functions of the arboretum are highlighted, such as: refugium, reserve, monumental, ecologically stabilizing. **Conclusions.** It is necessary to confirm the environmental status to preserve these functions at the present stage.

Keywords: arboretum, natural monument, sustainable development, conservation efficiency.

For citation: Begday IV, Kharin KV, Ivanenko KI. The State of Plant Communities in the Arboretum of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2024;18(2):54-63. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-54-63. EDN: XZDTFF

Введение

Дендропарки играют важную роль в сохранении и изучении биоразнообразия. Они предоставляют возможность исследовать как отдельные растения, так и целые экосистемы благодаря открытому расположению и богатому видовому составу. Взаимодействие между растениями, природными факторами и антропогенными влияниями в дендропарках позволяет получить ценные данные для научных исследований. Кроме того, они способствуют обогащению региона новыми видами растений, обладающими полезными свойствами.

Датой основания дендропарка Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра считается 1963 г. Первоначально это был участок правильной прямоугольной формы площадью 35 га. Видовое размещение растений проводилось по ландшафтно-систематическому принципу.

В дендропарке изначально была собрана коллекция древесно-кустарниковых растений, объединенных в куртины. Коллекционный фонд в соответствии с паспортом объекта на момент создания (1982 г.) насчитывал 504 вида, 92 рода, 33 семейства дендрофлоры [9].

В течение 70-х гг. XX в дендропарк представлял собой два участка площадью 15,2 га и 19,8 га. Уже в 1980 г. он обретает статус памятника природы краевого значения. Спустя два года Госпланом разрабатывается и утверждается паспорт на государственный памятник природы местного значения. В связи с чем был разработан новый проект развития и реконструкции объекта. В проекте делался акцент не только на научную функцию дендропарка, но и эстетическую. Изменена видовая систематизация за счет секторизации территории. Каждый сектор имел свою планировку, имелись дорожки и площадки. Особую эстетическую ценность придавали декоративные виды голосеменных растений, которые были высажены внутри каждого сектора.

В 1990 г. постановлением Крайисполкома № 257 от 29.08.1990 г. дендропарк перешел в ведомство НПО «Нива Ставрополья». Сегодня он является памятником природы краевого значения [1] и с января 2019 г. курируется непосредственно министерством

природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края [2].

При организации дендропарка федерального государственного бюджетного научного учреждения Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (ФГБНУ «СКФНАЦ») одной из приоритетных задач явилась интродукция природной флоры и сохранение растительных ресурсов. На сегодняшний день имеющиеся данные по многообразию флоры устарели, что связано с сукцессионными процессами, прошедшими за 58 лет и изменившимися растительными сообществами. Сложившаяся ситуация говорит о необходимости актуализировать статус для данного объекта как особо охраняемая природная территория (ООПТ).

Дендропарк является частью экологического каркаса Ставропольской агломерации и проблема устойчивости древесных и кустарниковых насаждений в культурных ландшафтах достаточно актуальна.

Во многих странах проводят учет и оценку ценности как отдельных деревьев, так и сообществ в дендрариях и городских территориях [3]. Ученые США определяют ценность насаждений различных типов в процентах от их стоимости, но в нашей стране подобные оценки применительно к участкам, имеющим статус ООПТ фактически не применяются.

Материалы и методы исследования

Цель исследования – оценка современного экологического состояния растительных сообществ дендропарка в целях получения объективной информации о степени их жизнеспособности и эстетической ценности.

Задачи исследования включают расчёт эстетической ценности дендропарка и оценку степени природоохранной оптимальности территории.

При выполнении работы использовались различные методики оценки растительности. Оценку экологического состояния дендрофлоры выполняли по методике Е. Г. Куликовой [4]. Она позволяет определить состояние отдельных видов, выявить ослабленные растения и в то же время дать оценку всему ценозу.

Оценка эстетической ценности проводилась по методике Л. Н. Вдовюк и Л. Н. Мотошиной [5]. Природоохранная эффективность определялась с учетом основных природоохранных задач для проведения оценки перспективности и устойчивости района исследования [6].

Анализ динамики изменения жизненных форм растительности проводили с применением методик С. Raunkiжr [7] и И. Г. Серебрякова [8]. Расположение растений изучаемого парка соответствует систематическим, экологическим и декоративным принципам. Изначально в формировании коллекции древесно-кустарниковых растений были задействованы участки лесных растительных видов с присутствием лужаек и дорожек.

Размещение дендрофлоры произведено вследствие группировки её в куртины по семействам и родам, а травянистые растения расположены на специальных делянках вдоль дорожек и высаживались в одном из уголков объекта.

Эколого-биологическое многообразие растений обеспечено за счет наличия альпинариев, розариев и иридария, а также рощ с присутствием экзотов. При этом сотрудниками формировались участки, включающие как фитогруппировки, так и одиночные деревья и кустарники, линейные насаждения и вьющиеся растения.

Результаты и их обсуждение

Основное назначение дендропарка – проведение фундаментальных исследований и выполнения прикладных научных разработок в области лесоведения, экологии и ботаники. Особую роль при этом играет видовое многообразие дендрофлоры. Проведенное нами в 2023 г. исследование показало, что растительность парка насчитывает 127 видов, которые объединены в 44 семейства и 75 родов. По классификации С. Raunkiжr 89 % из них представлены фанерофитами и 11 % хамефитами.

Анализ древесно-кустарниковой растительности по Серебрякову [8] в 2023 г. выявил следующее жизненные формы: деревья (53 %), кустарники (42 %) и лианы (5 %). Отмечено наличие 5 редких видов. Из них в Красную книгу Российской Федерации занесены 3 вида: лапина крылоплодная *(Pterocaria pterocarpa)*, лещина древовидная *(Corylus colurna)* и тис ягодный *(Taxus baccata*). Два вида: рябина глоговина *(Sorbus torminalis)* и тис ягодный *(Taxus baccata)* представлены в Красной книге Ставропольского края.

В сравнении с 1963 г. количественный учет видов в 2023 г. показал обеднение

древесно-кустарниковой растительности. Число видов сократилось с 504 до127 видов (рис. 1).

Жизненные формы древесно-кустарниковой растительности по C. Raunkiжr в 2009, 2015 и 2023 гг. претерпели незначительные изменения. Количество фанерофитов снизилось, а доля хамефитов повысилась (рис. 2).

В сравнении с 2009 г. в 2023 г. соотношение фанерофитов и хамефитов изменилось с 93:7 на 89:11. Нами отмечены изменения численности древесно-кустарниковых форм: за период с 2009 по 2023 г. в сторону уменьшения деревьев на 11 % и увеличения числа кустарниковых видов на 11 %. Численность растений лиановой формы увеличилась с 4 % в 2009 г. до 5 % в 2023 г. (рис. 3).

Сегодня наблюдается увеличение лесистости почти на 40 % по сравнению с начальным этапом формирования коллекции. И в 2023 г. это значение достигло 89,7 %, что значительно снизило привлекательность ландшафта (рис. 4).

Нами отмечено размывание границ куртин, что нарушило эстетический вид и секторность дендропарка (рис. 5).

Такие изменения привели к снижению функциональности изучаемого объекта, что связано с отсутствием работ по уходу за посадками, появлением антропофитной растительности и деградации коллекции в целом.

Для проведения визуального мониторинга состояния видов использовалась пятибалльная шкала оценки состояния дендрофлоры. Отмечено, что в дендропарке не встречаются ценозы с оценкой «сухие» (оценка 1). Лишь 2,4 % имеют оценку «усыхающие» (оценка 2), а статус «сильно ослабленные» (оценка 3) у 20,1 %.

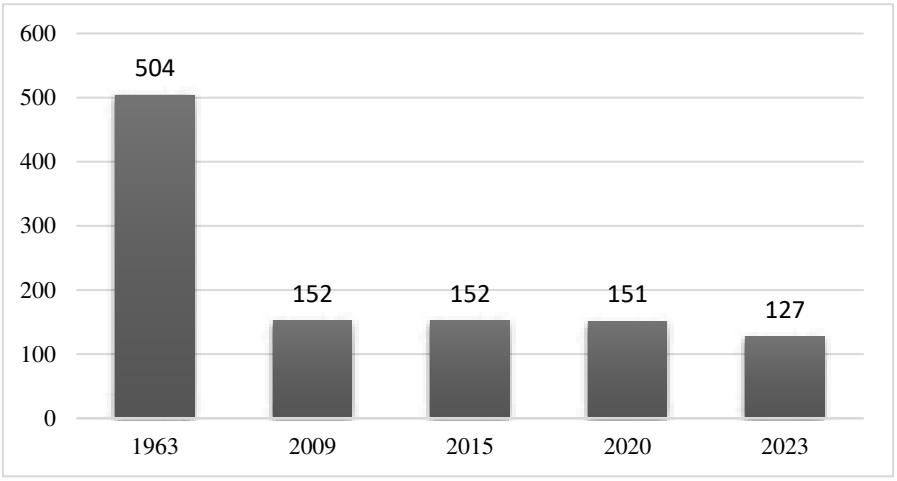


Рис. 1. **Динамика изменения видового состава дендропарка в 1963-2023 гг.**
Fig. 1. Dynamics of changes in the species composition of the arboretum in 1963-2023



Рис. 2. **Динамика жизненных форм по C. Raunkiжr (1934) [7] за период с 2009 по 2023 г.**
Fig. 2. Dynamics of life forms according to C. Raunkiжr (1934) for the period from 2009 to 2023 [7]

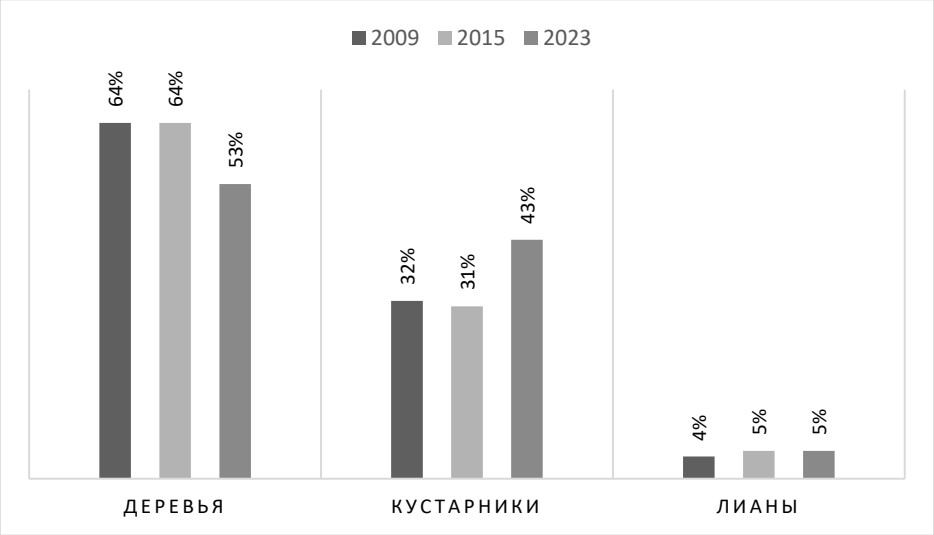


Рис. 3. **Динамика жизненных форм за период с 2009 по 2023 г.**
Fig. 3. Dynamics of life forms for the period from 2009 to 2023



Рис. 4. **Сравнение процента лесистости дендропарка за период с 1963 по 2023 г.**
Fig. 4. Comparison of the forest cover percentage in the arboretum for the period from 1963 to 2023



Рис. 5. **Границы секторов и куртин в соответствии с планом развития и реконструкции дендропарка**
Fig. 5. The boundaries of the sectors and curtains in accordance with the plan for arboretum development and reconstruction

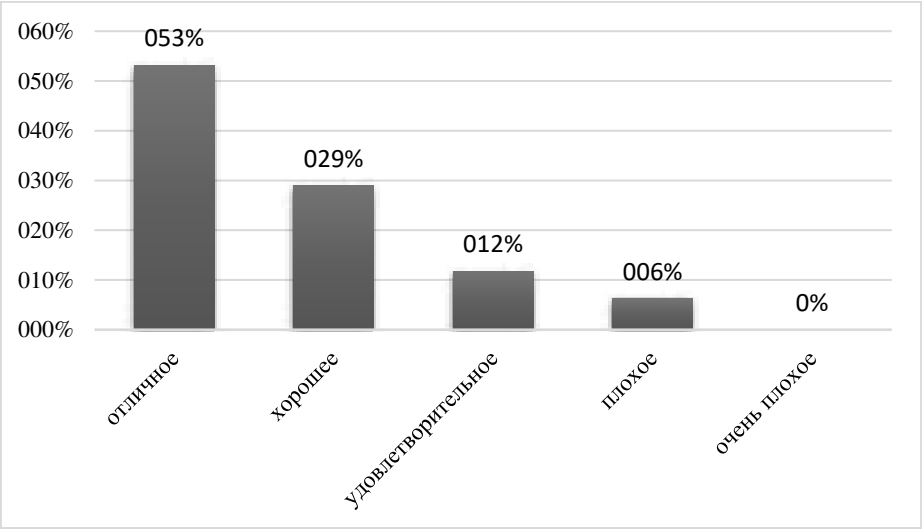


Рис. 6. **Оценка состояния растений по внешним признакам в 2023 г.**
Fig. 6. Assessment of plant condition by external signs in 2023

Таблица 1. **Природоохранная ценность, значимость и эффективность основных функций дендропарка как ООПТ**
Table 1. Environmental value, significance and effectiveness of the main arboretum functions as a protected area

Природоохранная Environmental protection				
Функции Functions	**Оцениваемые составляющие** Estimated components	**Ценность** Value	**Значимость** Significance	**Эффективность (%)** Efficiency (%)
Эталонная	Многообразие видов	1	0	0
	Разнообразие ландшафтов	1	0,5	50
	Синантропные виды	3	0	0
	Чуждые сообщества	3	0	0
	Эталонные экосистемы	1	0,5	50
	Антропогенно трансформированные экосистемы	5	5	100
Рефугиумная	Редкие, исчезающие и эндемичные растения	2	1	50
	Редкие, исчезающие и эндемичные фитоценозы	3	1,5	50
Резерватная	Растения, обладающие продуктивной ценностью	4	2	50
Монументальная	Объекты, имеющие природоохранное, научно-познавательное значение	3	1,5	50
Эколого-стабилизирующая	Работа по снижению истощения почвенного покрова	4	2	50
	Работы по сохранению средообразующих растений	4	2	50

У 55,7 % участков оценка «ослабленные» (оценка 4), а оставшиеся группы – 13,2 % – отмечены как «здоровые» (оценка 5).

При оценке состояния дендрофлоры больше половины видов (53,1 %) получили высшую оценку. Оценку «хорошо» получили 28,9 % видов, «удовлетворительно» – 11,7 % и «плохое» – 6,25 %. «Очень плохое» состояние у представителей дендрофлоры отсутствует (рис. 6).

Фондовая коллекция флоры дендропарка по экологическим характеристикам в 2023 г. оценена на 4,3 балла.

Таблица 2. **Актуальные угрозы для дендропарка**
Table 2. Current threats to the arboretum

Характер угроз The nature of the threats	**Исследуемые угрозы** Threats under investigation	**Актуальность угроз (%)** The relevance of threats (%)	**Относительная безопасность (%)** Relative safety (%)
Антропогенные	Внешние загрязнения	12	95,4
	Техногенные пожары	96	62,5
Природные	Гидроклиматические явления	36	86
	Естественные пожары	36	86
	Биоценотические явления	12	95,4

Выявлено, что основная часть ландшафтов дендропарка представлена пейзажами средней ценности и относится к III рангу ценности эстетических свойств. Эта группа составила 8,82 га (58,03 %). Оставшиеся территории 41,97 % – 6,38 га присвоен II ранг ценности (высокоценные пейзажи).

Для проведения оценки природоохранной ценности, эффективности и значимости дендропарка нами учитывались основные природоохранные функции. Результаты такой оценки отражены в таблице 1.

В ходе проведённого исследования выявлены и систематизированы основные угрозы для коллекции дендропарка и разделены на две группы (связанные с деятельностью человека и естественные, природные) (табл. 2). Особую опасность представляют антропогенные пожары.

В соответствии с классификацией, разработанной Международным союзом охраны природы, памятники природы относятся к III категории ООПТ, главной задачей которых является охрана природных достопримечательностей. Эта форма охраняемых территорий широко распространена в нашей стране на региональном и местном уровнях, Ставропольский края не является исключением. В задачи дендраопарка как заповедной территории входит осуществление экологического мониторинга, сохранение памятников садово-парковой архитектуры, обогащение коллекций ботанических объектов в условиях Ставропольского края.

Изучив материалы раздела доклада «О состоянии окружающей среды и природопользовании в Ставропольском крае» [9], нами не обнаружено никаких сведений о состоянии изучаемого дендропарка. То же самое прослеживается и в докладах за предыдущие десять лет.

Рассмотрев работу «Памятники природы Ставропольского края» [10], позиционируемую Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края как «результаты комплексного экологического обследования и паспортизации памятников природы за 2008-2009 гг.», [10, стр. 48] нами отмечено, что дендропарку посвящен один абзац, это явно не является полноценными результатами экологического исследования. И большая часть материала посвящена истории основания коллекций. В научном издании лишь перечисляются количество семейств, высаженных видов на момент создания дендропарка, то есть 1963 г., и сообщается о «пополнении коллекции еще 125 видами» [10, с. 48] во второй половине 80-х гг. прошлого века. Далее автор пишет о наличии в дендропарке значительного количества экзотических видов без каких-либо пояснений. В работе отсутствуют вообще какие-либо данные по качественному составу коллекций на момент обследования, не говоря уже о динамике. Б. Л. Годзевич приводит лишь незначительные справочные данные о дендропарке, которые могут быть интересны в сфере туристической деятельности, но никак не подтверждают его значимость как особо охраняемой территории.

Имея статус ООПТ, дендропарк испытывает значительные трудности в выполнении своих функций. Так, сегодня парк лишен финансовой поддержки: имея статус краевого памятника природы, он расположен на федеральных землях. Отсюда и дебаты по поводу того, из какого бюджета должны поступать средства на его содержание, что в конечном итоге может

привести к потере его уникального биоразнообразия. Во всём мире финансирование природоохранных проектов – задача государства и благотворительных фондов. Подобная практика вполне осуществима в рамках российского законодательства, но благотворительные фонды не проявляют активность в этой сфере деятельности.

Пока еще изучаемая территория соответствует сложившемуся представлению о парке как земельном участке, на котором размещена коллекция растений открытого грунта. На сегодняшний день наблюдается уменьшение численности ценных с эстетической и экологической точки зрения древесно-кустарниковых видов, а также увеличение лесистости из-за распространения интродуцентов с широким диапазоном толерантности. Все это приведет к снижению эстетической и научной ценности объекта, но природоохранный статус позволит сохранить краснокнижные виды, произрастающие на территории парка, несмотря на усиление антропогенного давления.

Представленные в нашей работе данные иллюстрируют динамику изменения как жизненных форм, так и видового состава в целом за последнее десятилетие. В плане экологического мониторинга – это значительный период при объективном исследовании фитоценозов. Это позволило оценить значимость дендропарка и выполнение им функций и задач как ООПТ. Использованные методики дают реальную картину нынешнего состояния коллекций растений. Выявленные актуальные угрозы позволяют принимать практические решения по дальнейшему развитию изучаемой территории.

Заключение

Сегодня прослеживается деградация древесно-кустарникового фонда памятника природы краевого значения. Так, за период с 1963 по 2023 г. видовой состав коллекции уменьшился в 3,7 раза, произошло увеличение кустарников и снижение древесной растительности на 11 %. Увеличение роста лесистости на 37 % объясняется внедрением в коллекцию устойчивых интродуцентов, космополитов, что привело к изменению секторности дендропарка. В связи с этим снизилась и эстетическая ценность ландшафтов. Оценка современного состояния показывает преобладание пейзажа средней ценности.

Несмотря на эти проблемы, изучаемая территория имеет особую ценность как природный объект, сохраняя генетический фонд растений и помогая в изучении биоразнообразия.

Для повышения эффективности этих функций и усиления устойчивости парка необходимо улучшение качества работ по уходу, обеспечение оптимальных условий для роста и развития растений, а также борьба с болезнями и вредителями, увеличение эффективности надзора, контроля состояния дендропарка, выявление проблем и своевременное принятие необходимых мер, разработка плана реорганизации, учет всех функций дендропарка, минимизирование угроз и способствование восстановлению биоразнообразия. Реализация этих мер позволит сохранить и улучшить экологическую ценность памятника природы, сделав его более устойчивым и привлекательным как для научных исследований, так и для отдыха.

Работы по созданию и совершенствованию технологии разведения растительных сообществ в дендропарке – это один из путей к успеху в деле разведения и сохранения редких, исчезающих видов.

Список источников

1. Об утверждении Перечня особо охраняемых природных территорий краевого значения в Ставропольском крае по состоянию на 01 января 2015 года: Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края от 16 января 2015 г. № 10.

2. Об утверждении Перечня особо охраняемых природных территорий краевого значения в Ставропольском крае на 01 января 2019 года: Приказ Министерства природных ресурсов и охраны

References

1. On approval of the List of specially protected natural areas of regional significance in Stavropol Krai as of January 1, 2015: Order of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of Stavropol Krai dated January 16, 2015 No. 10. (In Russ)

2. On approval of the List of specially protected natural areas of regional significance in Stavropol Krai as of January 1, 2019: Order of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of

окружающей среды Ставропольского края от 16 января 2019 г. № 25.

3. Ghafari S, Kaviani B, Sedaghathoor Sh, Allahyari MS. Ecological potentials of trees, shrubs and hedge species for urban green spaces by multi criteria decision making. *Urban Forestry & Urban Greening.* 2020;55(6):126824. DOI: 10.1016/j.ufug.2020.126824

4. Куликова Е. Г. Методы определения ценности деревьев в городских насаждениях // Экология, мониторинг и рациональное природопользование. Вып. 294 (1). М.: Московский государственный университет леса, 1998. С. 33–40.

5. Вдовюк Л. Н., Мотошина Л. Н. Методические приемы оценки эстетических свойств ландшафтов Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2013. № 4 С. 58–66. EDN: QZKOJP

6. Стишов М.С. Методика оценки природоохранной эффективности особо охраняемых природных территорий и их региональных систем. Москва: WWF России, 2012. 284 с.

7. Raunkiær C. The life forms of plants and statistical plant Geography. The United Kingdom: Oxford University Press, 2005:632.

8. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений: жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа, 1962. 378 с.

9. Доклад о состоянии окружающей среды и природопользовании в Ставропольском крае. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края: официальный сайт. URL: https://mpr26.ru/deyatelnost/otchety-doklady/o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy-i-prirodopolzovanii-v-stavropolskom-krae/ (дата общения: 02.03.2024)

10. Годзевич Б. Л. Памятники природы Ставропольского края. Ставрополь: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края, 2009. 64 с.

3. Ghafari S, Kaviani B, Sedaghathoor Sh, Allahyari MS. Ecological potentials of trees, shrubs and hedge species for urban green spaces by multi criteria decision making. *Urban Forestry & Urban Greening.* 2020;55(6):126824. DOI: 10.1016/j.ufug.2020.126824

4. Kulikova EG. Methods for determining the value of trees in urban plantings*. Ecology, Monitoring and Rational Nature Management. Iss. 294 (1).* Moscow: Moscow State Forest University, 1998:33–40. (In Russ)

5. Vdovyuk LN, Motoshina AA. Systematic techniques of aesthetic featuresevaluation of the Tyumen region landscape. *Tyumen State University Herald.* 2013(4):58–66. (In Russ). EDN: QZKOJP

6. Стишов М.С. Методика оценки природоохранной эффективности особо охраняемых природных территорий и их региональных систем. Москва: WWF России, 2012. 284 с.

7. Raunkiær C. The life forms of plants and statistical plant Geography. The United Kingdom: Oxford University Press, 2005:632. (In Russ)

8. Stishov MS. Methodology for assessing the conservation effectiveness of specially protected natural areas and their regional systems. Moscow: Vysshaya shkola, 1962:378. (In Russ)

9. Report on the state of the environment and nature management in Stavropol Krai. Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of Stavropol Krai: official website. URL: https://mpr26.ru/deyatelnost/otchety-doklady/o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy-i-prirodopolzovanii-v-stavropolskom-krae/ (accessed 02.03.2024). (In Russ)

10. Godzevich BL. Natural Monuments of Stavropol Krai. Stavropol: Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of Stavropol Krai, 2009:64. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Бондарь Елена Васильевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и биогеографии, медико-биологический факультет, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия, evbondar68@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-4836-0393

Харина Елена Ивановна, кандидат биологических наук, доцент базовой кафедры микробиологии, медико-биологический факультет, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия, euphorbia@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1105-8502

Мовсесова Виктория Валерьевна, кандидат

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Elena V. Bondar, Ph.D. (Biology), Associate Professor, Department of Ecology and Biogeography, Faculty of Medicine and Biology, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, evbondar68@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-4836-0393

Elena I. Kharina, Ph.D. (Biology), Associate Professor, Basic Department of Microbiology, Faculty of Medicine and Biology, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, euphorbia@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1105-8502

Victoria V. Movsesova, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Ecology and Bioge-

географических наук, доцент кафедры экологии и биогеографии, медико-биологический факультет, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия, viktoriya-movsesova@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-5072-0511

Гандрабурова Надежда Ивановна, кандидат биологических наук, доцент базовой кафедры микробиологии, медико-биологический факультет, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия, nadivgan@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8248-8390

Березина Наталья Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии, молекулярной биологии и медицины, медико-биологический факультет, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия, ya.anisimova-natali28@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0002-7261-5947

ography, Faculty of Medicine and Biology, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, viktoriya-movsesova@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-5072-0511

Nadezhda I. Gandraburova, Ph.D. (Biology), Associate Professor, Basic Department of Microbiology, Faculty of Medicine and Biology, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, nadivgan@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8248-8390

Natalia A. Berezina, Ph.D. (Biology), Associate Professor, Department of Biochemistry, Molecular Biology and Medicine, Faculty of Medicine, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, ya.anisimova-natali28@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0002-7261-5947

Критерии авторства

Бондарь Е. В., Харина Е. И., Мовсесова В. В., Гандрабурова Н. И., Березина Н. А. – все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

Bondar E. V., Kharina E. I., Movsesova V. V., Gandraburova N. I., Berezina N. A.– all authors made equivalent contributions to the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 20.03.2024
Одобрена после рецензирования 21.05.2024
Принята к публикации 23.05.2024

The article was submitted 20.03.2024
Approved after reviewing 21.05.2024
Accepted for publication 23.05.2024

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 504.06
DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-64-73
EDN: VWKFES

Ландшафтная организация городской территории как основа поддержания экологического баланса

© 2024 Ларина А. В.✉, Тарасова О. Ю., Москалева С. А.
Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва,
Саранск, Россия, larina2705@yandex.ru✉; oks-tarasova@yandex.ru;
moskaleva-s-a@yandex.ru

РЕЗЮМЕ. Цель. При рассмотрении ландшафтной организации городских территорий целью является создание эффективной системы озеленения, которая будет способствовать улучшению санитарно-гигиенических условий проживания населения, взаимной увязке всех планировочных элементов застройки. **Материалы и методы.** При выполнении работы применялись литературный, картографический, статистический, исторический методы, обобщения и анализа, геоинформационный и нормативно-правовые документы. **Результаты.** В работе приводятся результаты комплексного анализа ландшафтной организации городской территории на примере г. Кузнецк Пензенской области. Выявлены экологические проблемы города с последующей разработкой перечня мероприятий по рациональному использованию территории для поддержания экологического баланса. Показаны особенности зонирования города с целью разработки предложений по повышению комфортности проживания населения. Представленный в работе проект ландшафтно-экологической организации рекреационной зоны предусматривает создание эффективной системы функциональных зон, способствующих оптимизации санитарно-гигиенических условий для жизни населения при максимальном использовании природных особенностей местности. **Выводы.** После проведения запланированных мероприятий объект исследования, преобразится в комфортную зону и будет отвечать современным эстетическим, архитектурно-дизайнерским, строительным, экологическим и санитарно-гигиеническим нормам.

Ключевые слова функциональное зонирование, ландшафтная организация, городская среда, рекреационная зона, экологический баланс территории, благоустройство территории.

Формат цитирования: Ларина А. В., Тарасова О. Ю., Москалева С. А. Ландшафтная организация рекреационной зоны как основы поддержания экологического баланса в городской среде // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2024. Т. 18. № 2. С. 64-73. DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-64-73. EDN: VWKFES

Landscape Organization of the Urban Area as a Basis for Maintaining an Ecological Balance

© 2024 Alena V. Larina✉, Oksana Y. Tarasova, Svetlana A. Moskaleva
National Research Ogarev Mordovia State University
Saransk, Russia, larina2705@yandex.ru✉; oks-tarasova@yandex.ru;
moskaleva-s-a@yandex.ru

ABSTRACT. Aim. When considering the landscape organization of urban areas, the aim is to create an effective landscaping system that will contribute to improving the sanitary and hygienic living conditions of the population, the mutual alignment of all planning development elements. **Materials and methods.** In the work the following methods were used: literary, cartographic, statistical, historical, generalization and analysis, geoinformation and regulatory documents. **Results.** The work presents the results of a comprehensive analysis of the landscape organization for the urban territory using Kuznetsk town, Penza Region, as an

example. Environmental problems in the city were identified with the subsequent development of a measures list for the rational territory use to maintain the ecological balance. The features of the city zoning are shown in order to develop proposals to improve the comfort of living for the population. The project of landscape and ecological organization of the recreational zone presented in the work provides for the creation of an effective system of functional zones that contribute to the optimization of sanitary and hygienic conditions for the population life with the maximum use of the area natural features. **Conclusions.** After the planned activities, the research object will be transformed into a comfortable zone and will meet modern aesthetic, architectural and design, construction, environmental and sanitary and hygienic standards.

Keywords: functional zoning, landscape organization, urban environment, recreational area, ecological balance of the territory, landscaping.

For citation: Larina AV, Tarasova OYu, Moskaleva SA. Landscape Organization of the Urban Area as a Basis for Maintaining an Ecological Balance. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2024;18(2):64-73 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-64-73. EDN: VWKFES

Введение

На урбанизированных территориях практически повсеместно антропогенные городские ландшафты заменили естественно-природные. Наблюдается тесное сочетание природных и искусственных компонентов. В результате такого взаимодействия современные города сталкиваются с рядом проблем, связанных с развитием инфраструктуры, эффективным использованием ресурсов и повышением качества жизни горожан. Одной из ключевых задач управления городской территорией является функциональное зонирование и ландшафтная организация, которые позволяют оптимизировать использование городских ресурсов и эффективно планировать развитие территории.

Важное значение для городской среды играют рекреационные зоны. Для организации таких зон в исторически сложившейся застройке возможно только мелкоконтурное размещение зеленых насаждений и создание небольших зеленых зон на перепрофилируемых территориях. При этом расчистка и озеленение прибрежных зон городских рек и водоемов должны производиться на основе ландшафтно-градоэкологического анализа территории и в максимальном соответствии основным требованиям водоохраны.

Материалы и методы исследования

Для выполнения исследования использованы фондовые и архивные материалы, данные с официальных сайтов администрации Пензенской области, сведения документов территориального планирования муниципального образования города Кузнецк и публичная кадастровая карта Росреестра.

Организация рекреационных зон, как важной составной части общественных мест городских территорий, их эффективное использование, динамика развития, поддержание экологического баланса городских территорий всегда привлекали внимание исследователей. Так, рекомендации по организации и благоустройству рекреационных зон описаны в трудах Р. В. Боброва (1987), И. О. Боговой, А. М. Фурсовой (1988), В. Я. Курамшина (1988, 1991) В. Г. Атрохина (1991), В. А. Чижовой (2001) И. А. Николаевской (2006), В. С. Теодоронского (2009), А. В. Каверина (2007) и др.

Результаты и их обсуждение

Для городских ландшафтов важно рациональное использование территории, поддержание взаимосвязей между внутригородскими и пригородными озелененными пространствами. В целях выбора оптимальной ландшафтной организации в пределах города с учетом его функционального зонирования осуществляется дифференцированный анализ. Сначала предусматриваются природно-климатические исследования, далее осуществляются топографические изыскания и инженерно-строительная оценка территории с целью определения участков возникновения рисков затопления и подтопления, развития эрозии и оврагообразования и других неблагоприятных процессов. Затем проводится архитектурно-ландшафтное исследование территории.

При рассмотрении ландшафтной организации городских территорий целью является создание эффективной системы озеленения, которая будет способствовать улучшению санитарно-гигиенических условий проживания населения, взаимной

увязке всех планировочных элементов застройки. Одним из основных вопросов создания таких систем является решение трех групп задач, тесно связанных с экологическим состоянием города.

Первая группа связана с градостроительством. Она подразумевает взаимное рациональное размещение основных функциональных зон, объединение частей в одно целое и повышение выразительности архитектурных ансамблей. Здесь неоспорима роль проектирования общественных мест городских территорий, включая компьютерное, с применением геоинформационных технологий [1; 2].

Вторая группа задач направлена на создание оздоровительной среды, способствующей оптимизации микроклимата и повышению санитарно-гигиенического эффекта.

Третья группа задач решает проблемы отдыха городского населения и включает в себя создание рекреационных объектов и зон [3; 4].

Для обеспечения экологической безопасности вокруг городских водных объектов, необходимо организовывать водоохранные зоны с максимальной расчисткой пойменных территорий. Важно понимать, что создание и поддержание зеленых зон на городской территории не только придает ей эстетическую привлекательность, но и является неотъемлемым элементом экологически устойчивого развития города [5; 6].

Рассмотрим ландшафтную организацию урбанизированной территории на примере города Кузнецк Пензенской области.

Город расположен на востоке Пензенской области, на левобережье р. Труёв. В его окрестностях распространены месторождения кирпичных глин и суглинков. Почвенный покров представлен черноземами выщелоченными, темно-серыми лесными почвами, в северной части – серыми лесными почвами. Территория обладает значительными запасами лесных ресурсов. Кузнецк является промышленным городом, здесь широко развито мебельное производство [7-9].

Основными экологическими проблемами в пределах территории города являются: неудовлетворительное санитарное состояние р. Труёв, эрозионные процессы, заболачивание и подтопление земель сезонного характера в пойме реки, размыв прибрежных участков, загрязнение оврагов и лесов промышленными отходами [7; 9].

Территориальная организация города Кузнецка имеет прямоугольную систему планировки улиц. Карта градостроительного зонирования представлена на рисунке 1.

Промышленные предприятия I-III классов опасности находятся на окраинах города. Вывод промышленных предприятий в городские промзоны дает необходимую экологическую защиту центральной части города. Это позволяет решить главные задачи, связанные с улучшением экологической ситуации. Однако выявляются нарушения по наличию и размерам санитарно-защитных зон.

При проектировании застройки территории, включающей исторически сложившуюся среду, следует учитывать некоторые ограничения по организации зеленых насаждений. В данном случае, в условиях плотного освоения, представляется возможным применять озеленение только небольших по площади участков территории.

Оптимизация использования земель г. Кузнецка предполагает, что при полной реализации запланированных мероприятий по устойчивому развитию территории будут достигнуты цели создания благоприятной среды проживания, рационального природопользования и охраны природы, оптимального распределения функционального использования территории.

Формирование рекреационных зон является неотъемлемой частью здоровой и комфортной среды. Их размеры должны соответствовать численности и плотности населения в городе.

Общая площадь зеленых насаждений в черте г. Кузнецка составляет 820,67 га. Площадь зеленых насаждений на селитебной территории – 300,65 га, в том числе насаждения общего пользования (парки, скверы) – 11,01 га [7]. Зеленые насаждения городской территории формируют две зоны: зону городских лесов и зону озелененной территории общего пользования. К рекреационным объектам общего пользования относятся центральный парк и 16 скверов. Наиболее крупные из них показаны на рисунке 2 [7; 9].

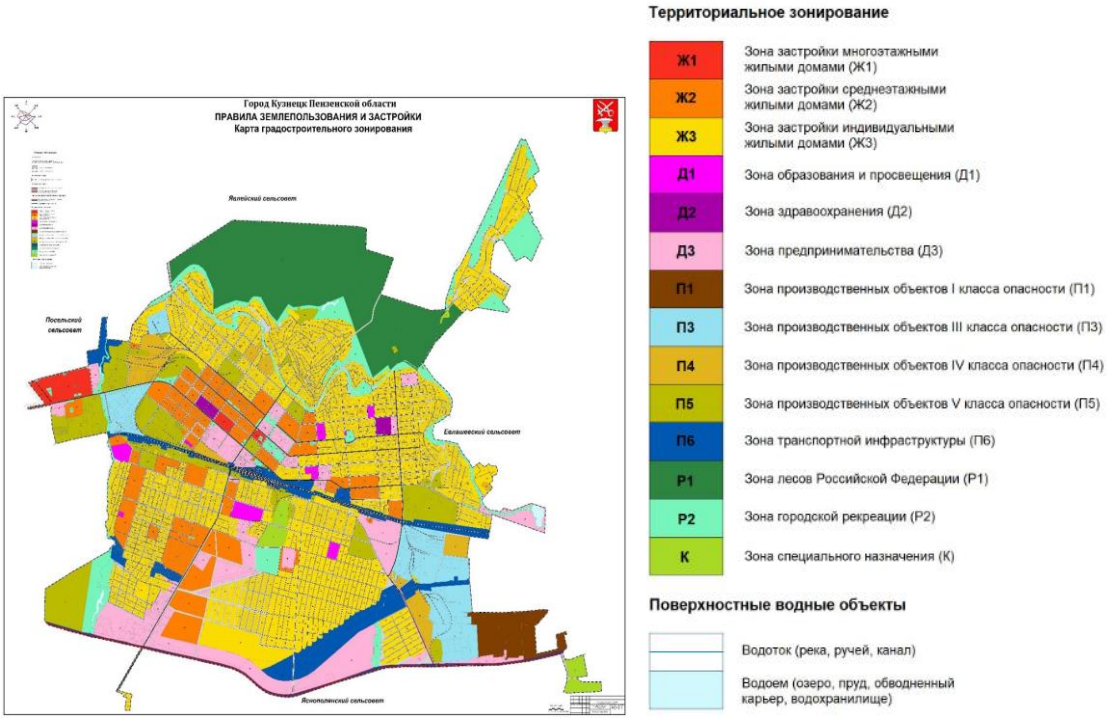


***Рис. 1.* Карта градостроительного зонирования** г. Кузнецка (ФГИС ТП) [11]
Fig. 1. The map of urban planning zoning of Kuznetsk town (FSIS TP) [11]

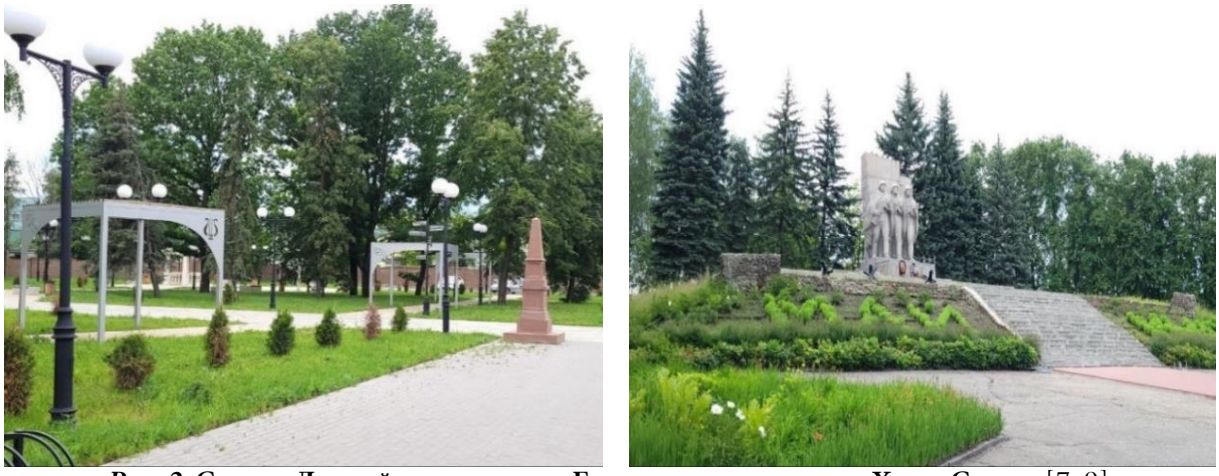


***Рис. 2.* Сквер «Летний театр» на ул. Белинского и сквер на Холм Славы** [7; 9]
Fig. 2. The Summer Theater Square on Belinsky Street and the square on the Hill of Glory [7; 9]

Рекреационная зона составляет пятую часть от общей площади г. Кузнецка, или 20,2 % (рис. 3). Однако важным является значение обеспеченности озелененными территориями в расчете на одного жителя города. Население Кузнецка на 01.01.2023 г. составляло 80 497 человек. Согласно классификации населенных пунктов по численности населения в установленном своде правил по градостроительству [10], Кузнецк относится к городам средней величины. Город расположен в зоне лесостепей, соответственно, согласно СП 42.13330.2016 [10], площадь его зеленых насаждений нужно увеличить на 10-20 %.

Далее рассчитываем необходимую площадь озелененных территорий общего пользования на одного человека:

80 497*7=563 479+20 % = 676 174 м2 / 80 497=8,4 м2/чел.

Полученная величина соответствует нормативному показателю, который составляет 7 м2/чел., несколько превышая его.

Однако общегородские озелененные территории и в целом зона, которая отве-

дена для рекреации, не обустроена для выполнения этой функции. Нет оборудованных мест для отдыха, отсутствует организованная дорожно-тропиночная сеть. В связи с чем стоит острая необходимость организации и благоустройства мест для комфортного отдыха населения.

В качестве объекта по благоустройству рекреационной зоны был выбран пруд Лёгкий, который расположен в северной части города в зоне городской рекреации (Р2) (рис. 4).

До 1999 г. на этом месте располагался карьер по добыче глины Кузнецкого кирпичного завода. Затем было принято решение о рекультивации и преобразовании карьера в водоем. Был образован пруд с целью рыборазведения. На данный момент в нем обитает порядка 20 видов рыб, среди них карп, елец, щука и другие. Также обитают раки, ондатра, цапля. На берегах пруда произрастает клевер и камыш.

Размеры пруда: длина составляет 350 м, ширина 40-50 м, глубина около 3 м, но следует отметить, что ранее пруд был более глубокий, до 5 м. Сокращение глубины водоема связано с процессами заиления и замусориванием дна.

Пруд имеет выгодное местоположение, размещается в пешей доступности от жилых зданий (5-15 мин) и на удалении от производственной территории. К северу от пруда располагается густой хвойный лес, что обеспечивает чистый воздух и комфортную среду для отдыха. Берег довольно крутой, обрывистый. В восточной части пруда выходят три родника. Южный берег более пологий, с отсутствием древесной растительности. Форма пруда извилистая, что позволяет разнообразить береговую линию и использовать водоем для различных видов отдыха.



Рис. 3. **Соотношение функциональных зон в городе [7]**
Fig. 3. The ratio of functional zones in the town [7]

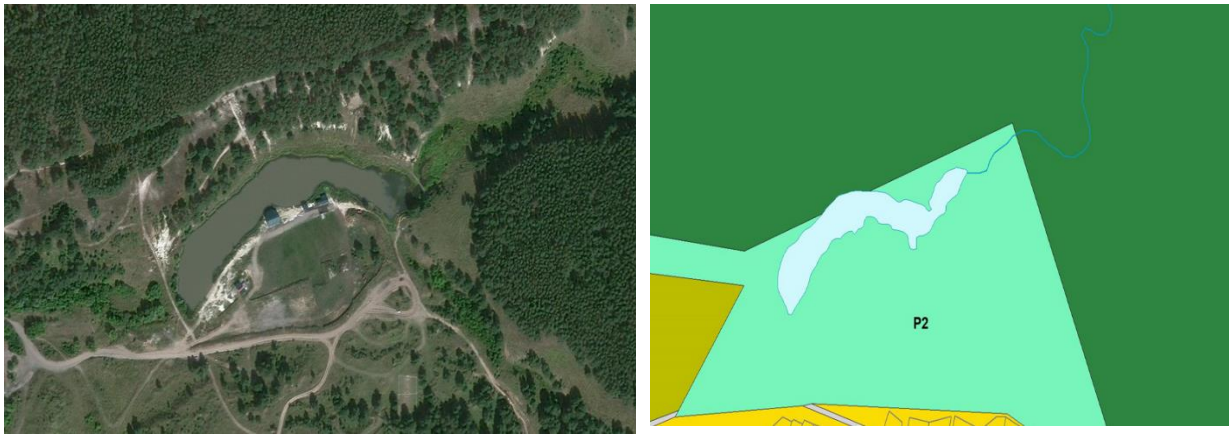


Рис. 4. **Пруд Лёгкий на космоснимке и фрагменте карты градостроительного зонирования [11]**
Fig. 4. Legky Pond on a satellite image and a fragment of the urban zoning map [11]



Рис. 5. **Состояние пруда Лёгкий в настоящее время**
Fig. 5. Current state of the Legky pond

В настоящее время территория вокруг пруда не благоустроена и сам водоем требует предварительной подготовки для возможности его использования в качестве рекреационного объекта. На рисунке 5 показано, как выглядит пруд и территория вокруг него в настоящее время.

Согласно СП 42.13330.2016 [10], размеры территорий пляжей, размещаемых в зонах отдыха, следует принимать из расчета не менее 8 м2/чел. Минимальная протяженность береговой полосы пляжа должна составлять не менее 0,25 м/чел. Рассчитывать число единовременных посетителей на пляжах следует с учетом коэффициентов одновременной загрузки пляжей. Для рекреационных территорий общего пользования для местного населения этот коэффициент равен 0,2 [10].

Основными этапами при разработке проекта благоустройства зоны отдыха у воды являются:

1. Организация очистки территории вокруг водного объекта. При организации рекреационных зон вблизи воды первым шагом является обеспечение качества воды, отвечающего требованиям для ее рекреационного использования.

2. Выявление экологически ценных участков территории. На этих участках следует учитывать выявленные памятники природы и места обитания редких видов флоры и фауны, в том числе видов, занесенных в Красную книгу Пензенской области.

3. Организация береговой линии. При благоустройстве зон отдыха у воды необходимо учитывать их ключевые сценарии использования, включая обустройство пляжной зоны. Береговая линия может быть естественной или искусственной, как, например, городская набережная. Важным моментом в этом процессе является профиль береговой линии, которая может меняться на всем ее протяжении. Для обеспечения безопасности и долговечности строительства важно предусмотреть берегоукрепительные мероприятия.

4. Организация дорожно-тропиночной сети. В первую очередь необходимо учитывать характер окружения зоны отдыха у воды. В природном окружении необходимо увязать велопешеходные пути зон отдыха у воды с дорожно-тропиночной сетью озелененной территории. В городском окружении к зонам отдыха у воды следует организовать подходы со стороны жилой и общественной застройки. Подходы должны быть связаны с основным путем зоны отдыха у воды, организованным вдоль береговой линии.

5. Проведение функционального зонирования. Для этого необходимо разместить зоны активного и пассивного отдыха. Технические зоны (например, зона очистки воды или хозяйственная зона) должны размещаться на удалении от зон отдыха независимо от активного или пассивного характера предоставляемой в них рекреации. Состав и размер зон также подбирается индивидуально, с учетом интенсивности их использования на территории.

Для благоустройства территории вокруг пруда Лёгкий проектом предусмотрено проведение следующих мероприятий:

1) провести анализ и планирование: провести анализ местности, определить ее природные особенности, топографию, доступность и существующую инфраструктуру;

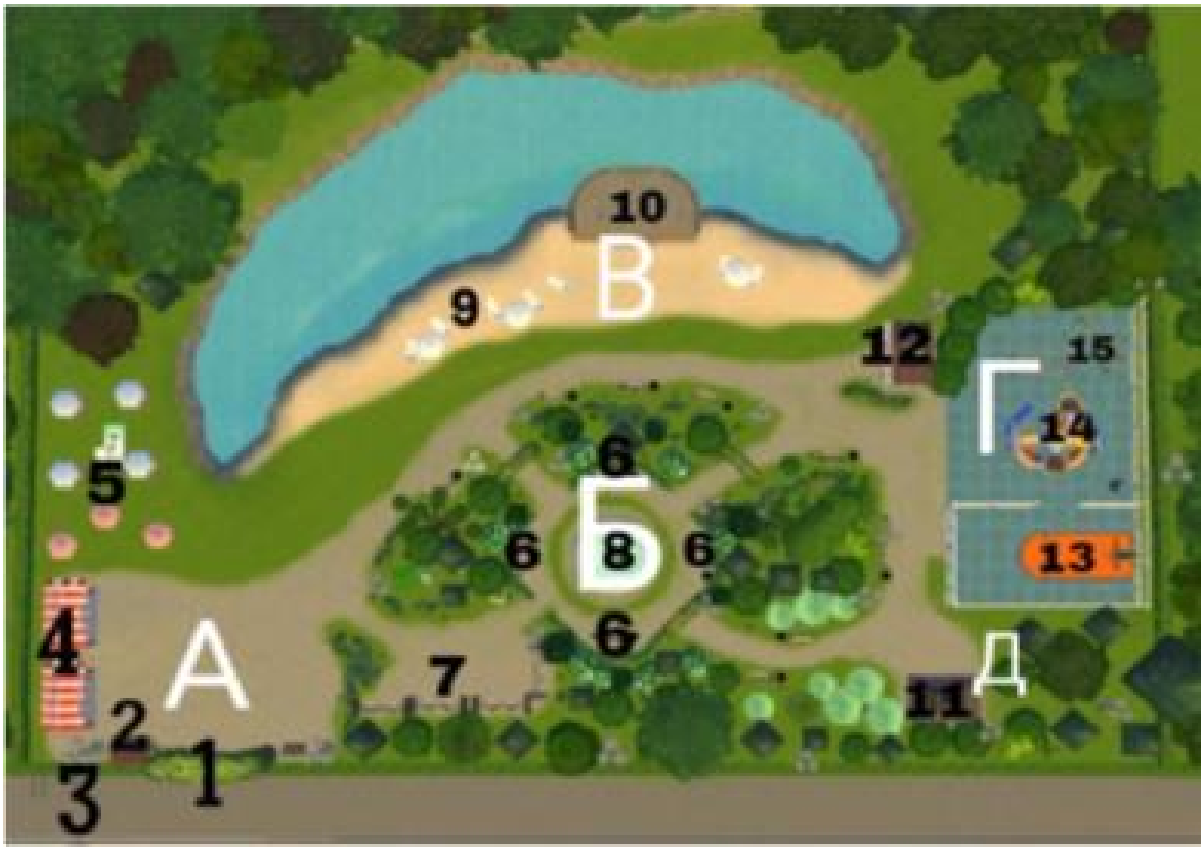


Рис. 6. **Проект благоустройства территории вокруг пруда Лёгкий**
А) Входная зона: 1 – входная арка; 2 – информационный стенд; 3 – парковка; 4 – киоски.
Б) Зона тихого отдыха: 5 – зона пикника; 6 – скамейки; 7 – качели; 8 – фонтан.
В) Зона активного отдыха: 9 – шезлонги с зонтами; 10 – пирс. Г) Зона спортивной и детской площадки: 13 – баскетбольное кольцо; 14 – детский игровой комплекс; 15 – турники;
Д) Хозяйственная зона: 11 – туалет; 12 – раздевалка.
Fig. 6. Landscaping project around the Legky pond
A) Entrance area: 1 is entrance arch; 2 is information stand; 3 is parking; 4 is kiosks.
Б) Quiet recreation area: 5 is picnic area; 6 is benches; 7 is swings; 8 is fountain. B) Active recreation area: 9 is sun loungers with umbrellas; 10 is pier. Г) Sports and playground area:
13 is basketball hoop; 14 is children's play complex; 15 is horizontal bars; Д) Utility area: 11 is toilet; 12 – changing room.

2) разработать план благоустройства, определить основные элементы и их расположение;

3) произвести расчистку дна и прибрежной зоны от ила и мусора;

4) осуществить выравнивание ландшафта территории;

5) проложить пешеходные дорожки;

6) создать пляжную зону;

7) провести озеленение: засеять газон (использовать травосмеси из мятлика, овсяницы или полевицы), посадить хвойные деревья (кипарис, туя западная, можжевельник казацкий, ель обыкновенная), травянистые растения (алиссум, люпины, гейхера, хоста, флоксы), обустроить живую изгородь по периметру из лиственных кустарников (кизильник блестящий, самшит) для повышения эстетической привлекательности ландшафта. Уделить внимание выбору растений, устойчивых к климатическим условиям и не требующим значительного ухода;

8) образовать буферную зону – вход, парковку для велосипедов, временные киоски с прохладительными напитками;

9) благоустроить зону тихого отдыха: разместить малые архитектурные формы – скамейки и качели должны быть окрашены влагостойкими красками, препятствующими загнивание древесных хвойных пород не ниже 2-го сорта, скульптуры, арки, водные элементы (фонтан), несущие в себе эстетическую функцию;

10) благоустроить зону активного отдыха: создать спортивную площадку. Покрытие рекомендуется выполнить из современных синтетических материалов, экоплитки; установить баскетбольное кольцо, турники. Рекомендуется окрасить спортивную площадку и спортивные объекты в яркие цвета и разместить так, чтобы был контраст с окружающим фоном;

11) продумать систему освещения и безопасности: с учетом обеспечения достаточного освещения, особенно в вечернее время. Поставить уличные фонари и мини уличные фонари. Установить камеры наблюдения и обеспечить безопасность посетителей.

12) оборудовать площадку для сбора отходов;

13) разместить раздевалки и туалеты в хозяйственной зоне;

14) сохранить в максимальной степени естественные элементы природы при благоустройстве рекреационной зоны.

Таким образом, в результате ландшафтного проектирования и обустройства территории были разграничены зоны активного и тихого отдыха, выделены спортивные и детские площадки, хозяйственная зона, размещены необходимые малые архитектурные формы. При реализации проекта рекреационная зона у пруда Лёгкий послужит центром притяжения отдыхающих (рис. 6).

Заключение

После проведения запланированных мероприятий пруд Лёгкий преобразится в комфортную зону проведения досуга горожан, сформируется общественная рекреационная зона в пределах городской черты Кузнецка, недалеко от места постоянного проживания населения, в полной мере удовлетворяющая его потребностям. Объект будет отвечать современным эстетическим, архитектурно-дизайнерским, строительным, экологическим и санитарно-гигиеническим нормам.

Список источников

1. Малахова О. Е. Семина И. А., Тесленок С. А., Фоломейкина Л. Н. Компьютерное проектирование и моделирование общественных мест городских территорий // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2023. Т. 29. № 2. С. 471-491. DOI: 10.35595/2414-9179-2023-2-29-471-491. EDN: QRMEJR

2. Семина И. А., Малахова О. Е., Тесленок С. А., Яковенко Н. В. Геоинформационные технологии компьютерного проектирования общественных мест городских территорий: проблемы и опыт (на примере г. Саранска) // Геоинформатика. 2023. № 4. С. 5-28. DOI: 10.47148/1609-364X-2023-4-15-28. EDN: LNXQHX

3. Вергунов А. П. Архитектурно-ландшафтная организация крупного города. Л.: Стройиздат, 1982. 135 с.

4. Зубков В. В. Основополагающие вопросы районной планировки: учебное пособие. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2004. 183 с.

5. Тарасова О. Ю., Москалева С. А., Шаров В. Д., Кудашкин И. В. Роль ООПТ в обеспечении экологического равновесия в природных комплексах Республики Мордовия // Научное обозрение. Международный научно-практический журнал. 2021. № 5. EDN: RJZHQA. URL: https://srjournal.ru/2021/id331/ (дата обращения: 18.04.2024)

6. Тарасова О. Ю., Москалева С. А., Ларина А. В. Экологическое обоснование системы особо охраняемых природных территорий (на примере Республики Мордовия) // Известия Дагестанского

References

1. Malakhova OE, Semina IA, Teslenok SA, Folomeykina LN. Computer designing and modeling public places of urban areas. *InterCarto. InterGIS*. 2023;29(2):471-491. (In Russ). DOI: 10.35595/2414-9179-2023-2-29-471-491. EDN: QRMEJR

2. Semina IA, Malakhova OE, Teslenok SA, Yakovenko NV. Geoinformation technologies of computer-aided design of public places in urban areas: problems and experience (on the example of Saransk). *Geoinformatika.* 2023(4):5-28. (In Russ). DOI: 10.47148/1609-364X-2023-4-15-28. EDN: LNXQHX

3. Vergunov AP. Architectural and landscape organization of a large city. Leningrad: Stroyizdat, 1982:135. (In Russ)

4. Zubkov VV. Fundamental issues of district planning: a tutorial. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2004:183. (In Russ)

5. Tarasova OYu, Moskaleva SA, Sharov VD, Kudashkin IV. The role of specially protected natural areas to ensure ecological balance in the natural complexes in the Republic of Mordovia. *Nauchnoe Obozrenie. Mezhdunarodniy Nauchno-Prakticheskiy Zhurnal.* 2021(5). (In Russ). EDN: RJZHQA. URL: https://srjournal.ru/2021/id331/ (дата обращения: 18.04.2024)

6. Tarasova OYu, Moskaleva SA, Larina AV. Ecological substantiation of the system of specially protected natural areas (the Republic of Mordovia). *Dagestan State Pedagogical University. Journal.*

государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 1. С. 97-10. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-1-97-105. EDN: MPMDAX.

7. Географическое положение города Кузнецка // Топография. Картография. Геоинформационные системы (GIS). URL: https://topogis.ru/geograficheskoye-polozheniye-goroda-kuznetska.php (дата обращения: 18.04.2024).

8. ФГИС ТП // Администрация города Кузнецка Пензенской области. URL: https://gorodkuzneck.ru/otrasli/gradostr/dokumenty-territorialnogo-planirovaniya.php (дата обращения: 18.04.2024).

9. Общие сведения о городе // Администрация города Кузнецка Пензенской области. URL: https://gorodkuzneck.ru/investitsii/investits-pasport/obshchie-svedeniya-o-gorode.php (дата обращения: 18.04.2024).

10. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89. URL: https://docs.cntd.ru/document/456054209 (дата обращения: 18.04.2024).

11. Публичная кадастровая карта: сайт. М., 2010. URL: https://pkk.rosreestr.ru (дата обращения: 18.04.2024).

Natural and Exact Sciences. 2023;17(1):97-10. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-1-97-105. EDN: MPMDAX.

7. Geographical location of Kuznetsk town. *Topography. Cartography. Geographic information systems* (GIS). URL: https://topogis.ru/geograficheskoye-polozheniye-goroda-kuznetska.php (accessed 18.04.2024). (In Russ).

8. FGIS TP. Administration of Kuznetsk town, Penza Region. URL: https://gorodkuzneck.ru/otrasli/gradostr/dokumenty-territorialnogo-planirovaniya.php (accessed 18.04.2024). (In Russ).

9. General information about the town. Administration of Kuznetsk town, Penza Region. URL: https://gorodkuzneck.ru/investitsii/investits-pasport/obshchie-svedeniya-o-gorode.php (accessed 18.04.2024). (In Russ).

10. SP 42.13330.2016. Code of Practice. Urban development. Urban and rural planning and development. Basic provisions. Updated version of SNiP 2.07.01-89. URL: https://docs.cntd.ru/document/456054209 (accessed 18.04.2024). (In Russ).

11. Public cadastral map: website. Moscow, 2010. URL: https://pkk.rosreestr.ru (accessed 18.04.2024). (In Russ).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Ларина Алена Викторовна, кандидат географических наук, доцент кафедры землеустройства и ландшафтного планирования, институт геоинформационных технологий и географии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, larina2705@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0002-5038-3006

Тарасова Оксана Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии и природопользования, институт геоинформационных технологий и географии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, Oks-tarasova@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0005-6659-1978

Москалева Светлана Александровна, кандидат географических наук, доцент кафедры землеустройства и ландшафтного планирования, институт геоинформационных технологий и географии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, moskaleva-s-a@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0001-0010-3929

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Alena V, Larina, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Land Management and Landscape Planning, Institute of Geoinformation Technologies and Geography, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, larina2705@yandex.ru, https://orcid.org/ 0009-0002-5038-3006

Oksana Yu. Tarasova, Ph.D. (Agriculture), Associate Professor, Department of Ecology and Nature Management, Institute of Geoinformation Technologies and Geography, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, Oks-tarasova@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0005-6659-1978

Svetlana A. Moskaleva, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Land Management and Landscape Planning, Institute of Geoinformation Technologies and Geography, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, moskaleva-s-a@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0001-0010-3929

Критерии авторства

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

Contribution of the authors

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 14.05.2024
Одобрена после рецензирования 27.05.2024
Принята к публикации 07.06.2024

The article was submitted 14.05.2024
Approved after reviewing 27.05.2024
Accepted for publication 07.06.2024

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 502.53
DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-73-80
EDN: HZQEWH

Оценка опасных геологических процессов природного и техногенного характера

© 2024 **Наполов О. Б.**[✉1], **Кулаков А. П.**[2]

[1]Московский государственный университет геодезии и картографии
Москва, Россия, onapolov@list.ru[✉]

[2]Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН
Москва, Россия, bomberos@inbox.ru

РЕЗЮМЕ. Цель – оценка опасных геологических процессов природного и техногенного характера с использованием комплекса методов. **Методы –** анализ информационно-статистической информации и итогов проведения экологического мониторинга, дешифрирование космических снимков (КС), ранжирование опасных процессов природного и техногенного характера. **Результат.** Выполнено ранжирование опасных геологических процессов природного и техногенного происхождения по характеру проявления и виду техногенного воздействия на компоненты окружающей среды и здоровье человека. Составлены практические рекомендации, направленные на минимизацию воздействия опасных геологических процессов природного и техногенного характера на окружающую живую среду и население. Предложены принципы проведения экологического мониторинга опасных геологических процессов. **Выводы.** Полученные результаты могут быть полезны представителям органов государственной власти и лицам, принимающим решения по обеспечению экологической безопасности населения и животного мира с целью снижения риска негативных последствий.

Ключевые слова: природные опасности, экологическая безопасность, природные и техногенные геологические процессы, окружающая среда, экологический мониторинг.

Формат цитирования: Наполов О. Б., Кулаков А. П. Оценка опасных геологических процессов природного и техногенного характера // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2024. Т. 18. № 2. С. 73-80. DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-73-80. EDN: HZQEWH

Assessment of Dangerous Geological Processes of a Natural and Man-made Character

© 2024 Oleg B. Napolov✉[1], Artem P. Kulakov[2]
[1]Moscow State University of Geodesy and Cartography
Moscow, Russia, onapolov@list.ru✉
[2]Sergeev Institute of Environmental Geoscience RAS
Moscow, Russia, bomberos@inbox.ru

ABSTRACT. The **aim** of the paper is to assess dangerous geological processes of a natural and man-made character using a set of methods. The **methods** were analysis of information and statistical information and the results of environmental monitoring, decoding of satellite images (SI), ranking of fast-flowing processes of a natural and man-made character. Results. The ranking of dangerous geological processes of a natural and man-made nature according to their pattern and the type of impact on the environment and human health has been carried out. Practical recommendations aimed at minimizing the impact of dangerous geological processes of a natural and man-made character on the living environment and the populations have been compiled. The principles of environmental monitoring of hazardous geological processes are proposed. **Conclusions.** The results obtained can be useful to representatives of public authorities and decision makers on ensuring the environmental safety of the population and wildlife in order to reduce the risk of negative consequences.

Keywords: natural hazards, environmental safety, natural and man-made geological processes, environment, environmental monitoring.

For citation: Napolov OB, Kulakov AP. Assessment of Dangerous Geological Processes of a Natural and Man-made Character. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2024;18(2):73-80. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-73-80. EDN: HZQEWH

Введение

Проблема изучения опасных геологических процессов природного и техногенного характера существует давно [1-3]. В настоящее время на различных уровнях государственной власти Российской Федерации проводятся многочисленные совещания, посвященные решению данной проблемы. Очень часто масштабы катастрофических воздействий опасных геологических процессов связаны с недостатком актуальной информации у населения и государственных органов власти, что является одним из факторов масштабной гибели людей и животного мира. В работе выполнена разработка системного алгоритма решения проблемы с использованием различных существующих методов в комплексе. Такая постановка проблемы позволит в будущем усовершенствовать существующую систему управления опасными процессами на различных уровнях государственного управления Российской Федерации.

Материалы и методы исследования

1) Анализ информационно-статистической информации и материалов экологического мониторинга, полученных во время эколого-технологических полевых экспедиций «Ямал» в 2009-2017 гг.;

2) дешифрирование космических снимков с малого космического аппарата «Аист-2Д»;

3) ранжирование опасных геологических процессов природного и техногенного характера по характеру проявления и виду воздействия на население и окружающую среду.

К основным задачам работы относятся:

– предложения по проведению экологического мониторинга опасных геологических процессов;

– разработка практических рекомендаций, направленных на минимизацию воздействия опасных геологических процессов природного и техногенного характера.

Результаты и их обсуждение

Анализ статистической информации. Рассмотрены научно-методические положения прогнозной оценки чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, где содержится характеристика организационно-управленческих решений

по управлению опасными ситуациями, а также имеется анализ причин и последствий крупных техногенных аварий и катастроф природного происхождения [3-7].

В результате проведённого анализа статистической информации были сформулированы следующие положения:

– в настоящее время имеется недостаточный опыт рассмотрения проблемы на региональном и локальном уровнях. Рассматриваются лишь возможности решения организационно-управленческих задач, в основном – на федеральном уровне;

– отсутствует информация о решении задач по минимизации воздействия опасных геологических процессов техногенного характера, преимущественно рассматриваются природные источники опасности;

– отсутствует хронологический аспект решения проблемы, рассмотрены лишь отдельные эпизодичные решения управленческих задач по минимизации воздействия опасных геологических процессов;

Также проанализированы различные информационные ресурсы по управлению опасными геологическими процессами природного и техногенного характера, в том числе: ФГБУ «Росгеолфонд», Роснедра, Минприроды России, НИА «Природы» и другие источники, в которых содержатся различные материалы о наличии опасных источников природного и техногенного характера на территории Российской Федерации.

В результате выполнения анализа статистической информации были сформулированы цели и задачи данного исследования в части практической реализации задач по управлению опасными геологическими процессами на региональном и локальном уровнях.

Выполнение экологического мониторинга во время эколого-технологических полевых экспедиций дало представление о скорости и последствиях развития водной эрозии, как об одном из опасных геологических процессов (рис. 1).

Из рисунка 1 видно, что наибольший рост оврага наблюдается в течение первых трех лет, достигая примерно 4 м в глубину. Далее в течение двух лет увеличение размеров оврага замедляется, и, наконец, овраг прекращает свое развитие. Именно в течение первых пяти лет рост оврага в результате эрозии представляет особую опасность для человека и инженерных сооружений.

Анализ данных дистанционного зондирования Земли подразумевает:

– анализ космических снимков с информацией о наличии и динамике опасных геологических процессов;

– дешифрирование космических снимков с математическим аппаратом, позволяющим прогнозировать развитие опасной экологической ситуации на территории по динамике проявления (очень низкой, низкой, средней, высокой, очень высокой, катастрофической).

Космические снимки были получены с официального интернет-сайта ГК «Роскосмос» [8]. Основным преимуществом использования космических снимков является высокое пространственное разрешение в сочетании со значительной шириной полосы захвата территории земной поверхности.

Дешифрирование космических снимков. Дешифрирование проводилось на основе анализа и интерпретации дешифровочных признаков с получением объективной информации об изучаемой территории. При осуществлении дешифрирования были использованы методы получения актуальной информации об изменениях окружающей среды при техногенном воздействии геологических процессов в реальном времени. Выявление изменений осуществлялось в результате сравнения дешифровочных признаков идентичных объектов на новом и старом снимках. При осуществлении дешифрирования были использованы многозональные космические снимки, обладающие максимальной информативностью. Результаты проведенного дешифрирования показывают важность и оперативность космической информации для принятия оперативных упреждающих действий (рис. 2)

Данные дешифрирования показывают динамику и площадь поражения территории в результате активизации опасных геологических процессов. Например, на правом космическом снимке в правой его части видны очаги активизации опасных геологических процессов в виде размытого светлого объекта (на левом космическом снимке его нет). Наиболее быстрые разрушения происходят после землетрясений, оползней и селей. Менее быстрые разрушения – после наводнений и разрушения технологических конструкций. Медленные разрушения происходят в основном в результате эрозионных процессов и абразии берегов.

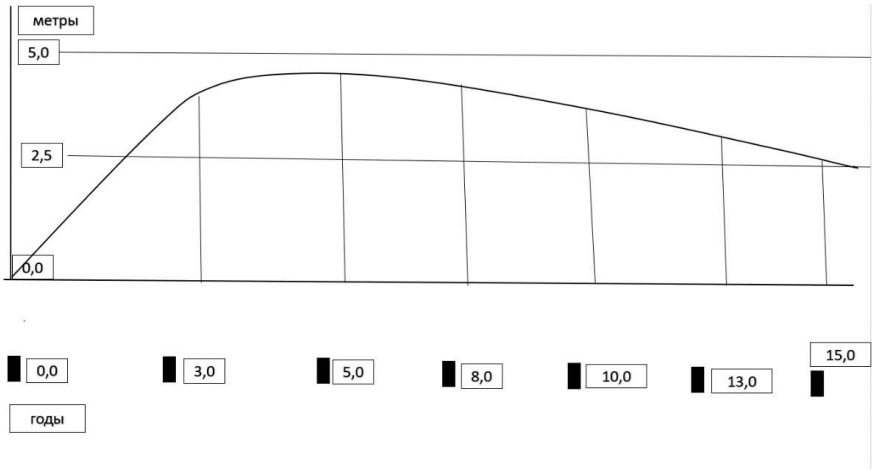


Рис. 1. **Рост оврага на территории полуострова Ямал** [1]
Fig. 1. The growth of a ravine on the Yamal Peninsula territory [1]



2009 г. 2011 г.

Рис. 2. **Динамика экзогенных процессов с 2009 по 2011 г. [3]**
Fig. 2. Dynamics of exogenous processes from 2009 to 2011 [3]



Рис. 3. **Район проведения эколого-технологических исследований на полуострове Ямал в период с 2009 по 2027 г.** [1]
Fig. 3. Area of environmental and technological research on the Yamal Peninsula in the period from 2009 to 2027 [1]

Таблица 1. **Ранжирование опасных геологических процессов природного и техногенного характера по характеру проявления и вида воздействия на окружающую среду и население**

Table 1. Ranking of dangerous geological processes of a natural and man-made nature by the character and type of impact on the environment and population

№ п/п Sr. No.	**Название быстротекущего процесса** Name of the fast-flowing process	**Характер проявления** Character	**Виды воздействия на окружающую среду** Types of impact on the environment	**Виды воздействия на население** Types of impact on the population
1.	*Эрозионные процессы*	Очаговый локальный, реже ареальный	Разрушение грунта, нарушение гидрологического режима грунтов, уничтожение почвенно-растительного слоя	Возможность получения травм, увечий
2.	*Оползни и обвалы*			
3.	*Карстовые проявления*			
4.	*Абразия берегов*		Разрушение грунта	
5.	*Размыв технологических конструкций*	Очаговый, локальный	Разрушение грунта, нарушение гидрологического режима грунтов, уничтожение почвенно-растительного слоя	Возможность получения травм, увечий и летального исхода
6.	*Провалы грунта техногенные*			
7.	*Разрушение технологических конструкций в результате ручейковой эрозии и других процессов*			
8.	*Селевые потоки в результате техногенного смещения грунта*	Очаговый локальный, реже ареальный	Разрушение грунта, уничтожение почвенно-растительного слоя	
9.	*Наводнения и затопления*	Ареальный		
10.	*Пыльные бури*		Уничтожение биологических ресурсов	
11.	*Опустынивание земель*		Гибель животных на больших площадях	Гибель населения на больших площадях
12.	*Землетрясения*		Массовая гибель животных	Массовая гибель населения
13.	*Извержение вулканов, выброс магмы на поверхность земли*	Ареальный и повсеместный	Повсеместная гибель животных	Повсеместная гибель населения

Таким образом, на основе дешифрирования КС можно получить объективную информацию о развитии опасных геологических процессов природного и техногенного характера на исследуемой территории.

В результате проведённого дешифрирования КС, полевых мониторинговых и камеральных исследований, в таблице 1 приведено *ранжирование быстротекущих опасных геологических процессов природного и техногенного характера.*

В результате проведённого ранжирования была получена информация о характере проявления и видах воздействия опасных геологических процессов на компоненты окружающей среды и здоровье человека. Большая часть процессов имеет очаговый локальный характер проявления с незначительным воздействием на человека и компоненты окружающей среды. Лишь некоторые процессы (наводнения, землетрясения, вулканизм, сели) имеют ареальный характер распространения и сопровождаются массовой гибелью людей и животного населения. Прогнозная оценка показывает различный характер протекания опасных процессов.

Ранжирование опасных геологических процессов природного и техногенного характера позволили разработать *практические рекомендации* (табл. 2), основанные на положениях, содержащихся в [3; 9; 10 Оценка масштаба, скорости и степени последствия развития опасных геологических процессов, а также составление и корректировка практических рекомендаций невозможны без проведения экологического мониторинга.].

Таблица 2. **Практические рекомендации, направленные на минимизацию воздействия опасных геологических процессов природного и техногенного характера**
Table 2. Practical recommendations aimed at minimizing the impact of dangerous geological processes of a natural and man-made character

№ п/п Sr. No.	**Опасные процессы** Dangerous processes	**Меры защиты для человека** Protective measures for humans	**Меры защиты для объектов окружающей среды** Protective measures for environmental objects
1.	*Эрозионные процессы*	Проведение полевых исследований и экологического мониторинга	Сооружение специальных ограждающих барьеров по недопущению проникновения животных в опасную зону
2.	*Оползни и обвалы*		
3.	*Карст*		
4.	*Абразия берегов*	Регулярный экологический мониторинг, сооружение специальных реперных знаков	
5.	*Размыв технологических конструкций*		
6.	*Провалы грунта техногенные*		
7.	*Разрушение технологических конструкций в результате ручейковой эрозии и других процессов*	Проведение постоянного экологического мониторинга, сооружение специальных реперных знаков	
8.	*Селевые потоки в результате техногенного смещения грунта*	Выселение населения из опасной зоны	Вывоз животных в безопасный район
9.	*Наводнения и затопления*		
10.	*Пыльные бури*	Сооружение специальных защитных барьеров от воздействия песка	
11.	*Опустынивание земель*	Сооружение специальных защитных барьеров от воздействия песка	
12.	*Землетрясения*	Круглосуточный геологический мониторинг, специальные оповещения населения на случай возможного землетрясения	
13.	*Извержение вулканов, выброс магмы на поверхность земли*	Круглосуточный геологический мониторинг, специальные оповещения населения на случай возможного извержения вулкана	

Проведение экологического мониторинга территории осуществляется в соответствии с требованиями ст. 63 Федерального закона «Об охране окружающей среды» [10].

Современная система экологического мониторинга на региональном и локальном уровнях должна базироваться на следующих основных принципах:

– непрерывность и системность организации наблюдений и контроля;

– оперативность и коллегиальность при принятии управленческих решений в чрезвычайных ситуациях;

– достоверность, доступность и целенаправленность для потребителей информации о состоянии объектов экологического мониторинга.

Современная система организации и проведения экологического мониторинга на региональном и локальном уровнях должна быть направлена на решение следующих задач:

– оценку природных, природно-техногенных и техногенных процессов на территории исследования в масштабах региона или муниципалитета;

– выявление опасных и потенциально опасных геологических процессов для гражданской и экологической безопасности населения и компонентов окружающей среды (почв, растительности, атмосферного воздуха, водной среды, геологической среды, животного мира).

Современная структура проведения мониторинга окружающей среды включает выполнение комплексной системы наблюдения за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов с использованием специальной аппаратуры.

Современные технические средства проведения экологического мониторинга включают:

– автоматизированные стационарные посты для определения загрязненности атмосферного воздуха;

– передвижные экологические лаборатории для контроля за состоянием атмосферного воздуха, воды и почвы;

– автоматизированные системы контроля организованных промышленных выбросов;

– аэрокосмические аппараты ДЗЗ.

Для проведения экологического мониторинга с минимальными затратами на местности актуально использовать специальные реперные знаки, позволяющие фиксировать изменение компонентов окружающей среды (грунтов, почв, растительности) в результате активизации опасных геологических процессов природного и техногенного характера.

Также при проведении экологического мониторинга в настоящее время актуально задействовать разномасштабные и разновременные космические снимки, полученные с помощью многозональной космической съемки.

Данная научная публикация опирается на результаты многолетних экологических исследований в районе Крайнего Севера РФ, связанных с изменением компонентов окружающей среды при техногенном воздействии опасных геологических процессов. Район проведения эколого-технологических исследований на полуострове Ямал в период с 2009 по 2017 г. приведён на рисунке 3.

Заключение

В результате исследования предложен алгоритм, основанный на поэтапном системном анализе различной информации об опасных геологических процессах природного и техногенного характера с целью предотвращения неблагоприятных последствий для населения и компонентов окружающей среды.

Анализ статистической информации даёт первоначальные сведения об опасных процессах. Наиболее ценной является информация, полученная в ходе дешифрирования космических снимков, на которых чётко выделяются ареалы проявления опасных процессов. Дешифрирование космических снимков позволяет произвести ранжирование опасных процессов по степени воздействия и дать дальнейшую прогнозную оценку.

Разработанные практические рекомендации, направленные на минимизацию воздействия опасных геологических процессов природного и техногенного характера, будут полезны представителям органов государственной власти и лицам, принимающим решения по обеспечению гражданской и экологической безопасности населения и компонентов окружающей среды.

Список источников

1. Пыстина Н. Б., Баранов А. В., Наполов О. Б. Эколого-экономическая оценка природно-ресурсного потенциала осваиваемых территорий полуострова Ямал // Научно-технический сборник Вести газовой науки. 2013. № 2(13). С. 88-95. EDN: RTCOHZ

2. Садов А. В., Наполов О. Б. Роль и значение природно-ресурсного потенциала при разработке эколого-сбалансированного развития регионов // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 2. С. 21-27. EDN: NYMELZ

3. Фалеев М. И., Черных Г. С., Старостин А. С. Оценка опасностей и угроз, обусловленных катастрофическими наводнениями, и предложения по защите населения и территорий от них // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2014. Т. 4. № 2(7). С. 18-32. EDN: STRVQD

4. Гадаборшев Т. Г., Сметанкина Г. И., Дорохова О. В. Возникновение чрезвычайных событий природного и техногенного характера, их возможные последствия // Мировая наука. 2019. № 2(23). С. 118-120. EDN: IIJXZB

References

1. Pystina NB, Baranov AV, Napolov OB. Ecological and economic assessment of the natural resource potential of the Yamal Peninsula developed territories. *Vesti Gazovoy Nauki. Scientific-Technical Collection Book.* 2013(2(13):88-95. (In Russ). EDN: RTCOHZ

2. Sadov AV, Napolov OB. Role and meaning of natural resources at working out ecologically balanced development of the region. *Theoretical and Applied Ecology.* 2011(2):21-27. (In Russ). EDN: NYMELZ

3. Faleev MI, Chernykh GS, Starostin AS. Assessment of hazards and threats caused by catastrophic floods and proposals for protecting the population and territories from them. *Civil Protection Strategy: Issues and Research.* 2014;(2(7):18-32. (In Russ). EDN: STRVQD

4. Gadaborshev TB, Smetankina GI, Dorokhova OV. Extraordinary events of natural and man-made character, their possible consequences. *Mirovaya Nauka*. 2019(2(23):118-120. (In Russ). EDN: IIJXZB

5. Горбунов С. В., Макиев Ю. Д., Малышев В. П. Анализ технологий прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2011. Т. 1. № 1(1). С. 43-53. EDN: OJWKOF

6. Проблемы защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях и условиях современных вызовов и угроз: Справочное пособие / под общей ред. И. В. Сосунова. М.: ФГБУ ВНИИПГОЧС МЧС России, 2017. 452 с. EDN: OSQAFV

7. Сашурин А. Д., Мельник В. В. Природно-техногенные катастрофы на горных предприятиях. Истоки и пути предупреждения // Проблемы недропользования. 2020. № 4. С. 5-13. DOI: 10.25635/2313-1586.2020.04.005. EDN: VXWMSS

8. Портал открытых данных ДЗЗ: Официальный интернет-сайт ГК «Роскосмос». URL: https://pod.gptl.ru (дата обращения: 01.04.2024)

9. Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года: Указ Президента РФ от 11 января 2018 г. № 12. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/42753 (дата обращения: 01.04.2024)

10. Об охране окружающей среды (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2024): Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 25.12.2023). URL: clck.ru/3DCKxP (дата обращения: 01.04.2024)

5. Gorbunov SV, Makiev YuD, Malyshev VP. Analysis of technologies for forecasting emergency situations of a natural and man-made nature. *Civil Protection Strategy: Issues and Research.* 2011;1(1(1):43-53. (In Russ). EDN: OJWKOF

6. Sosunov IV (ed.) Issues of protecting the population and territories in emergency situations and conditions of modern challenges and threats: Reference manual. Moscow: FGBU VNIIPGOCHS MCHS of Russia, 2017:452. (In Russ). EDN: OSQAFV

7. Sashourin AD, Melnik VV. Natural and man-made disasters at mining enterprises: sources and ways of prevention. *Problemy nedropol'zovaniya.* 2020(4):5-13. (In Russ). DOI: 10.25635/2313-1586.2020.04.005. EDN: VXWMSS

8. Portal of open remote sensing data: Official website of the State Corporation Roscosmos. URL: https://pod.gptl.ru (accessed 01.04.2024). (In Russ).

9. On approval of the Fundamentals of State Policy in the Russian Federation in the field of protecting the population and territories from emergency situations for the period until 2030: Decree of the President of the Russian Federation dated January 11, 2018 No. 12 URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/42753 (accessed 01.04.2024). (In Russ).

10. On environmental protection (as amended and supplemented, entered into force 01.01.2024): Federal Law of 10.01.2002 No. 7-FZ (as amended on 25.12.2023). URL: clck.ru/3DCKxP (accessed 01.04.2024). (In Russ).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Наполов Олег Борисович, кандидат технических наук, доцент кафедры космического мониторинга и экологии, Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия, onapolov@list.ru,__https://orcid.org/0009-0005-1368-4194

Кулаков Артем Павлович, младший научный сотрудник лаборатории геокриологии, Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН, Москва, Россия, bomberos@inbox.ru, https://orcid.org/0009-0009-6837-1055

Критерии авторства

Наполов О. Б. – введение, материалы и методы исследования, результаты и их обсуждение, заключение); Кулаков А. П. – материалы и методы исследования, заключение.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 27.05.2024
Одобрена после рецензирования 07.06.2024
Принята к публикации 10.06.2024

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Oleg B. Napolov, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Department of Space Monitoring and Ecology, Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia, onapolov@list.ru, https://orcid.org/0009-0005-1368-4194

Artem P. Kulakov, Junior Researcher, Sergeev Institute of Environmental Geoscience RAS, Moscow, Russia, bomberos@inbox.ru, https://orcid.org/0009-0009-6837-1055

Contribution of the authors

Napolov O. B. – introduction, materials and research methods, results and their discussion, conclusion; Kulakov A. P. – materials and research methods, conclusion.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 27.05.2024
Approved after reviewing 07.06.2024
Accepted for publication 10.06.2024

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 910.26
DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-81-92
EDN: LHYUCE

География продовольственной безопасности: новые концептуальные идеи

© 2024 **Родоманская С. А.**✉
Санкт-Петербургский им. В. Б. Бобкова филиал
Российской таможенной академии
Санкт-Петербург, Россия, svetlana_1902@mail.ru✉

РЕЗЮМЕ. Цель работы – сформировать основные концептуальные положения географии продовольственной безопасности. **Методы**. В качестве основного метода выступает тринитарный подход, выражающийся в выявлении: линейных триад функций, системных триад субъектов и переходных триад целей географических исследований (теоретическая, практическая, конструкционная). Сочетание триад в изучении продовольственной безопасности является комбинаторным типом инновации, которая и выражает научную новизну представленной методологии. **Результаты**. Предложено представить продовольственную безопасность в виде системной триады с основными взаимодействующими в процессе продовольственного обеспечения её субъектами: *население, природа, хозяйство*. Выделенные субъекты в системной триаде отражают основные аспекты продовольственной безопасности – экономический, социальный и природно-ресурсный (экологический). Предложенная линейная триада управленческих функций «производство-распределение-потребление» явилась системой теоретических основ, организованная по определенным логическим принципам и схемой научных объяснений. Предложенная переходная триада является основанием для составления «продовольственных» прикладных карт для целенаправленной оценки количественных трансформаций продовольственных процессов «производство – распределение – потребление». **Выводы**. Научные исследования в области продовольственной безопасности должны уделять пристальное внимание разработке концептуальных подходов, которые позволят содержательно изучать процессы обеспечения продовольственной безопасности как сложной системы, способной сохранять устойчивость, адаптироваться к изменяющимся условиям и соответствовать субъективной природе усложняющейся продовольственной реальности.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, население, природа, хозяйство, производство, потребление, распределение, триада, география, система управления.

Формат цитирования: Родоманская С. А. География продовольственной безопасности: новые концептуальные идеи // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2024. Т. 18. № 2. С. 81-92. DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-81-92. EDN: LHYUCE

Geography of Food Security: New Conceptual Ideas

© 2024 **Svetlana A. Rodomanskaya**✉
St. Petersburg V. B. Bobkov Branch of the Russian Customs Academy
St. Petersburg, Russia, svet-lana_1902@mail.ru✉

ABSTRACT. The **aim** of the paper is to formulate the basic conceptual provisions of the food security geography. **Methods**. The main method is the trinitarian approach, expressed in identifying: linear triads of functions, systemic triads of subjects and transitional triads of geographical research aims (theoretical, practical, structural). The combination of triads in the study of food security is a combinatorial type of innovation, which expresses the scientific novelty of the presented methodology. **Results**. It was proposed to present food security in form of a system triad with the main interacting in the process food supply by its subjects: *population, nature, farming*. The selected subjects in the system triad reflect the main aspects of

food security – economic, social and natural resource (ecological). The proposed linear triad of management functions "production-distribution-consumption" was a system of theoretical foundations organized according to certain logical principles and a scheme of scientific explanations. The proposed transition triad is the basis for compiling "food" applied maps for targeted assessment of quantitative transformations of food processes "production – distribution – consumption". **Conclusions.** Scientific research in the field of food security should pay close attention to the development of conceptual approaches. This will make it possible to meaningfully study the processes of ensuring food security as a complex system capable of maintaining stability, adapting to changing conditions and corresponding to the subjective nature of the increasingly complex food reality.

Keywords: food security, population, nature, economy, production, consumption, distribution, triad, geography, management system.

For citation: Rodomanskaya SA. Geography of Food Security: New Conceptual Ideas. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2024;18(2):81-92. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-81-92. EDN: LHYUCE

Введение

В условиях жесткой глобализации происходит очередное переосмысление феномена продовольственной безопасности. Радикальные изменения в области продовольственной безопасности предопределяют новые вызовы, ответами которых могут стать наиболее альтернативные подходы исследования. Наряду с этим стоит отметить, что поиск концептуальных подходов на современном этапе обусловлен особенностями знаний, полученных на протяжении всего периода изучения продовольственной безопасности как феномена и процесса, так и географического явления.

На сегодняшний день область продовольственной безопасности имеет достаточно большой опыт исследований, багаж знаний, предложенных методик и разработанных концепций устойчивого развития территориальных систем, которые оставили свой исторический «отпечаток» через призму ключевых событий и оказали существенное влияние на обеспечение населения продовольствием. В дискуссиях преобладающей точкой зрения о сохранении продовольствия, как ресурса ныне живущего поколения без нанесения ущерба для будущих поколений, по сути воспринимается одним из механизмов по сохранению продовольствия, не забывая при этом про его качественность, безопасность и полезность. Однако возникают вопросы: «какие ресурсные возможности имеют территории, испытывающие трансформации во времени, чтобы не потерять своей главной функции – накормить людей» и «насколько экстенсивные технологии производства продуктов питания трансформировали природные ресурсы при их использовании населением».

Поиск ответов на продиктованные временем вопросы связан с комплексным познанием процесса обеспечения продовольственной безопасности и способствует тому, что на смену традиционно сформировавшемуся исследовательскому опыту в области продовольственной безопасности приходят более реалистичные междисциплинарные теории. Однако вопрос формирования системно-целостного видения усложняющейся социально-экономической реальности остается открыт, поскольку в рамках органического изучения проблемного поля своевременно не возникло должного понимания тех географических особенностей формирования современных концептуальных основ продовольственной безопасности, которые способны справиться с вызовами современного мира.

Наряду с этим в целях логического формирования теоретических и методических основ в области продовольственной безопасности следует уделять пристальное внимание разработке концептуальных подходов, которые позволят содержательно изучить процессы обеспечения продовольственной безопасности как сложной системы способной сохранять устойчивость, адаптироваться к изменяющимся условиям и соответствовать субъективной природе усложняющейся продовольственной реальности, оставляя при этом задел в сторону географии.

Целью исследований является логическое формирование концептуальных основ развития географической модели и её особенностей на основе разработанного и предложенного соответствующего запросам времени тринитарного подхода к исследованию продовольственной безопасности.

Материал и методы исследований

В качестве основного метода выступает тринитарный подход, выражающийся в выявлении: линейных триад функций, системных триад субъектов и переходных триад целей географических исследований (теоретическая, практическая, конструкционная), что выступает особой формой современного познания процесса обеспечения продовольственной безопасности. Сочетание триад в изучении продовольственной безопасности является комбинаторным типом инновации, которая и выражает научную новизну представленной методологии.

Выявление системных триад субъектов и линейных триад управленческих функций по принципу тринитаризма Р. Г. Баранцева отличается целостностью, где наличие третьего рационального элемента дополняет диады до логически замкнутых структур [1]. Одной из особенностей данного изучения продовольственной безопасности является метапредметная интеграция теоретических основ – создание объединяющих концепций, когда научные теории разных направлений соединяются в одну для целостного восприятия. Соединение научных знаний, созданных в разных научных направлениях для объяснения явлений разного характера в одном процессе, служат своего рода ориентиром движения к познанию причинно-следственных связей, позволяющие более полно и глубже проникать в сущность исследуемого процесса.

Результаты и их обсуждение

В большинстве случаев обеспечение продовольственной безопасности остаётся конкурирующим вопросом к рассмотрению с точки зрения экономики [2]. Альтернативные подходы доминирующих экономических концепций, опираясь на концепции о производственной деятельности агропромышленного комплекса и на основные положения нормирования рационального потребления, создают «жёсткое ядро» теории продовольственной безопасности по четырем основным её аспектам: доступ, наличие, разнообразие и стабильность.

Регулярные измерения по четырём важным аспектам достаточно долго считались центральными элементами предложенных концептуальных моделей и точками отсчета для определения общих стратегических подходов к повышению продовольственной безопасности. Неоднократно разработка более реалистичных исследовательских стратегий происходила за счёт определенных трансформационных изменений в экономических взглядах с учетом текущих событий на основе анализа моделей поведения потребителей, возникающих в результате изменения их доходов, покупательской способности, гендерных различий и др. При этом завяленные модели, подходы, концепции представляли собой незначительные обновления общего теоретического облика продовольственной безопасности, которые, не касаясь её «ядра» затрагивали лишь «внешнюю оболочку» посредством отдельных предпосылок либо аналитических моделей.

Автор исследования солидарен с мнением Ю. Г. Липец, В. А. Пуляркина, С. Б. Шлихтер и Н. А. Старикова, которые приходят к выводу, что уже давно необходимо не только изучать и пересматривать большой накопленный опыт прошлых лет в области продовольственной безопасности, но стоит выявлять и создавать типологические группировки территориальных объектов со схожими условиями продовольственных проблем [3; 4], оставляя в этом случае «поле деятельности» для географов.

Однако не стоит ожидать от географов подобных концептуальных моделей и подходов, как это происходит у экономистов, которые по-прежнему, рассматривая социально-экономические аспекты, оставляют вне исследовательского интереса наиболее устойчивый, по сравнению с другими аспектами, пространственный аспект. Изучение продовольственных процессов не должно входить в противоречие с первичным объектом, как утверждает У. И. Мересте, с «местом локализации, чтоб не потерять своей географичности» [5].

Таким образом, основные аспекты «теоретического ядра» продовольственной безопасности на всех территориальных уровнях должны учитываться в местах их фактической локализации. При этом глубина познания целостности всего многообразия экономических мотивов, индивидуальных и коллективных запросов в лице потребителей без «относительного отрыва» от их системного видения с учетом

вызовов усложняющейся экологической обстановки попадает в компетенцию географической науки. География одна из тех немногих конструктивных наук, которая может предложить более альтернативные мировоззренческие модели, позволяющие наиболее содержательно и нестандартно отразить географическую реальность. Основная задача географии как науки – это систематизировать и структурировать полученные знания по изучению продовольственной безопасности, и принимать решения в политической и хозяйственно-экономической сфере в соответствие с территориальными особенностями.

Автор предлагает наряду с остальными зарекомендовавшими себя географическими направлениями в области сельского хозяйства, энергетики, транспорта и др. выделить новое направление географической науки – географию продовольственной безопасности, которая объединяет в себе вопросы социальной, отраслевой, физической, экономической, политической, глобальной и когнитивной географии [2; 6].

В настоящий момент данное направление имеет с одной стороны, уже свой сформировавшийся теоретический фундамент в других ветвях географической науки, а с другой – основы практических и конструктивных наработок современных достижений философии, результаты метагеографических поисков, методологию теоретической географии, данные отраслевых географических изысканий [7] для решения конкретных географических, в том числе и экологических проблем. В качестве особой формы современного познания продовольственной безопасности предлагается тринитарный подход. Подход выражается в выявлении системных триад субъектов, линейных триад функций и переходных триад в целях географических исследований (теоретическая, практическая, конструкционная). Сочетание триад в изучении продовольственной безопасности является комбинаторным типом инновации, которая и выражает научную новизну представленной методологии.

Системная триада представляет собой целостный каркас продовольственной безопасности с равноправными во взаимосвязи её субъектами: *А – население, В – природа и С – хозяйство* (рис.). Наличие каждого из них предопределяют основные составляющие продовольственной безопасности: *население* – социальная составляющая; *природа* – экологическая и *хозяйство* – экономическая. Каждый субъект имеет свое предназначение и выполняет определенные функции.

Так, один из субъектов системной триады – это **хозяйство,** как *экономическая составляющая* направлена на производство основных видов продовольствия посредством использования трудового ресурса, энергосберегающих технологий и материально-технической базы агропромышленного комплекса. Одним из главных вопрос данной составляющей – своевременное восстановление трудового ресурса. На национальном уровне в приоритет ставятся вопросы политической и экономической независимости. В отношении трудового ресурса производится оценка платежеспособности населения, его доходов, экономической доступности продовольствия и др.

Второй субъект триады – **население**, как *социальная составляющая* ориентирована на население и направлена на стабильное и сбалансированное потребление основных продуктов питания. В связи с развитием агломераций стали вырабатываться наиболее сложные механизмы воспроизводства. Самой важной сущностью этой составляющей является равномерное распределение продуктового набора и социальное равенство.

Третий субъект триады – **природа**, *природная составляющая,* основной задачей которой является сохранение природы, учитывая её ресурсную ограниченность для осуществления производственной деятельности продовольствия (почвенные ресурсы, агроклиматические, биоресурсы). Необходимым и обязательным является развитие биологического разнообразия, которое поспособствует расширению ассортимента продовольствия. К важнейшему природному ресурсу необходимого для производства продовольствия относится земельный ресурс. Для земли, как главного средства производства, необходимо улучшать свойства почвы, повышать её способность обеспечивать растения факторами, необходимыми для их роста и развития в многолетнем цикле, а также предотвращать деградацию продуктивных земель.

Идеальный образ схематического отображения системной триады представлен геометрически в виде равностороннего треугольника, стороны которого отражают двумерные отношения между субъектами (рис.). Их взаимодействие в триаде, по мнению Нильса Бора [8], предопределено так называемым принципом НДС – «неопределенность – дополнительность – совместимость».

Наличие второго субъекта образует дополнительность, которую Гёте считает проблемой, а не её решением. Однако Р. Г. Баранцев [1], усиливая мнение Н. Бора, утверждает, что каждая диада взаимодействующих субъектов дополняется до логически замкнутых структур только при наличии третьего рационального элемента, позволяющего исключить их линейность и сохранить целостность системы. При возникновении противоречий между двумя субъектами, третий субъект, как «сторонний арбитр», расположенный напротив двух других, выступает мерой их совместимости.

Равносторонний треугольник отражает более компромиссный вариант совместимости субъектов, ведущим принципом которого является их баланс. Прямые линии треугольника отражают равновесность взаимоотношений субъектов триады. В реальности такие отношения отсутствуют, поэтому здесь условно прямая линия (сторона треугольника) отражает более гибкое взаимодействие, не усиливая и чрезмерно не ослабевая какой-либо субъект триады, дабы не разрушить ее целостность. Не доводя ситуацию до абсолютизма, равносторонний треугольник дополнительность – совместимость». Каждый субъект в триаде неоднороден, но отдельное его рассмотрение образует только неопределенность, соответствует состоянию условного баланса всех субъектов триады, которое автор предлагает считать условно абсолютным.

Принципиальная невозможность сохранения прямой линии связана с непрерывными изменениями субъектов триады. Как в пространстве, так и со временем их изменения дают о себе знать, изменяясь как внутри себя, так извне, воздействие которых на стороны треугольника на схеме указаны стрелками.

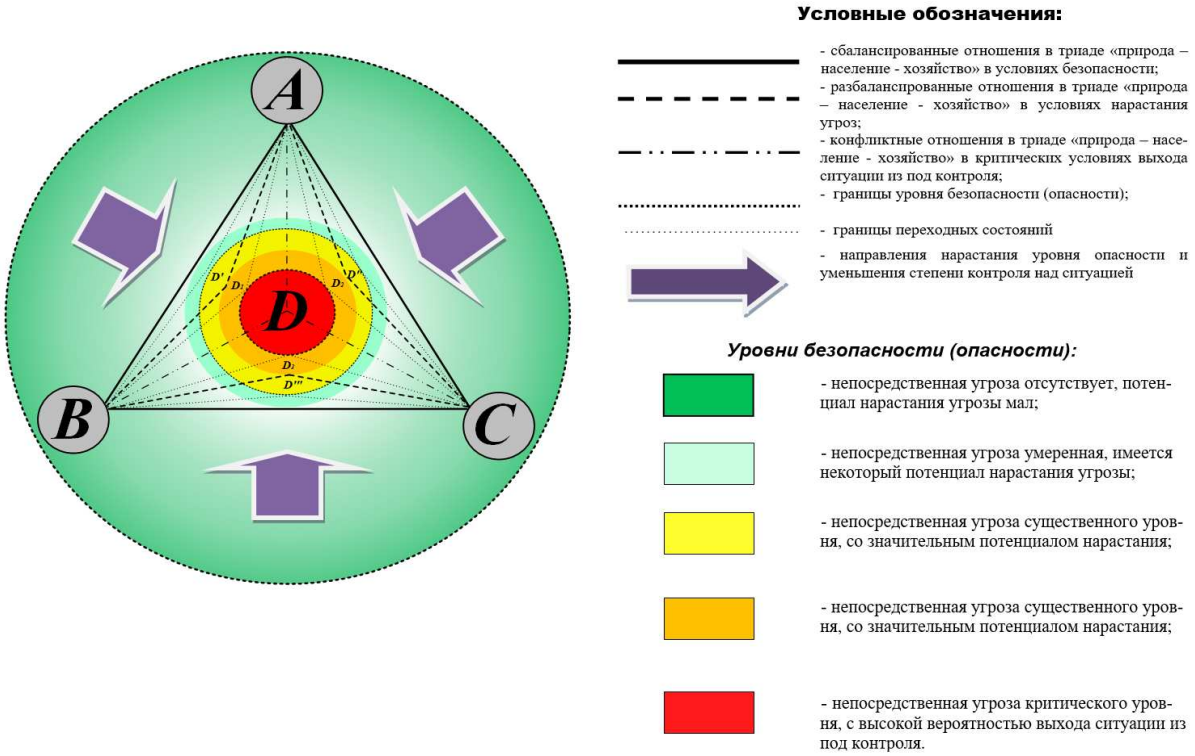


Рис. **Продовольственные уровни трансформационных изменений в системной триаде «природа – население - хозяйство»**
Fig. Food levels of transformational changes in the systemic triad “nature – population – economy”

Возможные изменения в триаде занимают центральное положение внутри треугольника в виде разноцветного ядра – зона D, [7] выражая сущность взаимоотношений субъектов триады «природа – население – хозяйство». Ядро имеет пять цветных оболочек, которые отражают уровни трансформационных изменений во взаимоотношениях субъектов. Внутренняя часть ядра, выраженная красным цветом, наиболее подвержена трансформациям и представляет зону критических ситуаций, где часть процессов может достигать своей необратимости.

Данная схема имеет универсальный рабочий механизм на любых территориальных уровнях, находя свое первичное применение на микроструктурном уровне – региональном. При переходе на более высокие уровни (мезо- и макро-) взаимоотношения субъектов приобретают новые формы и проявляются как среди субъектов, так и внутри них, и требует их всестороннего изучения.

Для территориальной системы процесс функционирования субъектов осуществляется триадой цели, метода и результата.

Цель системной триады – устойчивое развитие в территориальной системе, понимаемое как триада «экологическая безопасность – экономическая эффективность – социальная целесообразность». Однако проблемой сохранения устойчивости территориальной системы является то, что каждый из элементов триады имеет особые интересы: *социальная целесообразность* – в бесперебойном обеспечении населения продовольствием; *экономическая эффективность* – в получении максимальной прибыли на пути экстенсивного наращивания физических объемов продовольствия; *экологическая безопасность* – в гармонизации природной среды, основным компонентом которой должно стать прямое и обратное природопользование при осуществлении производственной и иной деятельности. Безусловно, при доминировании любого из элементов триады устойчивость системы нарушается.

То, что касается устойчивости территориальной системы, то исходя из самого понятия «устойчивости», как способности системы сохранять текущее состоянии во многих реальных процессах, она выступает способностью обеспечивать продовольственную безопасность так, чтобы дефицит внутреннего экономического ресурса территориальной системы и ограниченность внешних таких ресурсов, а также сокращение биоразнообразия, изменяющийся климат и деградирующие природные ресурсы по мере увеличения социально-экономического неравенства не подрывали основу для производства здоровой и разнообразной пищи как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

Стремление к сохранению устойчивости в триаде могут продемонстрировать методы устойчивой интенсификации и климатически оптимизированного производства, ориентированные на сохранение природного потенциала и его наращивание, препятствующие применению истощающих его подходов, которые ставили бы под угрозу субъекты системной триады. Устойчивость основывается не только на рациональном потреблении ресурсов и продовольствия населением, но и на их воспроизводстве. При этом важно, чтобы совместное функционирование субъектов триады могло восстанавливать ресурсы как можно дольше, поскольку при анализе не всегда учитывается долгосрочная перспектива, в то время, как краткосрочные сбои, такие как военные действия, политические конфликты, стихийные бедствия и экономические кризисы быстро разрывают целостность системы.

Из множества существующих связей цели с методом необходимо выбирать более оптимальный вариант, результат которого состоит в увеличении объема производства продовольствия с использованием меньшего количества ресурсов без увеличения площади используемой земли [9]. При разных начальных условиях таких вариантов становится множество, а результат будет единственным, который часто сопряжен с неопределённостью, имея непредвиденные последствия и значительно отличается от начальных целевых установок. Многообразие начальных условий, форс-мажорные обстоятельства и резкое количественное изменение показателей в пространстве и времени каждого из субъекта приводит, как утверждает М. Крускал, к возникновению асимптотических сжимающих ситуаций [10] – дис-

балансных, а именно к излому сторон треугольника и/или к их схождению в центре. Доминирующие взаимоотношения субъектов в триаде приводит к излому стороны треугольника и приобретают относительность, «теряя» при этом свою условную абсолютизацию.

Возникновение дисбалансных ситуаций зависят от влияния целого ряда факторов изменений взаимоотношений субъектов в триаде. Учитывая, что системы факторов многими авторами [11] усложняются по значительному количеству их признаков, автор предлагает выделить наиболее значимые факторы, и систематизировать их по характеру влияния – *внутренние и внешние*, по типу – *природные, социально-культурные, демографические, экономические, политико-институциональные,* и по характеру территориальной распространенности их действий – *повсеместные, дифференцированные и очаговые.*

Внутренние факторы первостепенно определяют практически все характеристики территории: потенциал, степень ограничений и продуктивность. Внутренние факторы имеют свои типы и иерархичность. Внешние факторы (экономико-политические) оказывают воздействие на устойчивость территориальной системы, существенно усложняя сам процесс сохранения устойчивости территориальной системы и в значительной степени предопределяют темп всех происходящих процессов внутри рассматриваемой системы. Различия в устойчивом развитии территориальных систем с однотипным сочетанием внешних факторов провоцируются непропорциональным сочетанием природных, демографических и экономических факторов, поскольку на разных территориях влияние внутренних факторов различно. В действительности факторы тесно взаимосвязаны и оказывают прямое и косвенное воздействие. Таким образом, устойчивость системной триады – это сбалансированное соотношение между двумя группами системообразующих факторов.

Процесс структуризации роли отдельных факторов и их сочетания заключается в упорядочивании элементов (субъектов) триады посредством их связанности и общности (типологии). При изучении условий и факторов, создающих условия опасности устойчивого развития в территориальных системах, выявляются их первичные элементы.

Важное место в территориальных системах принадлежит населению. Это связано с тем, что одним из важных его аспектов как «сильной стороны» триады является субъектность, которая, во-первых, выступает источником целей в отношении совершаемых действий в интересах и коллективного и индивидуального благополучия, во-вторых, имеет возможность принимать участие в производстве, переработке, транспортировки и использовании потребляемого им продовольствия. Субъектность ситуационная, поскольку динамика влияния на местах, качество жизни, гендерные нормы и структуры управления могут изменяться в зависимости от контекста и специфики каждой конкретной ситуации.

В целом, для понимания субъектности в различных ситуациях необходимо исходить из единого, логически целостного состояния рассматриваемых продовольственных проблем, где субъектность неразрывно связана с остальными субъектами триады (природа и хозяйство) и реализуется в виде образования различных форм связанности и общности (тип). Многообразие сложных и многоступенчатых форм связанности населения как первичного элемента территориальной организации продовольственной безопасности образуется за счет устойчивых типов связей:

– *производственные*, которые осуществляются за счет организации собственного производства продуктов питания (личного, местного (регионального), национального);

– *потребительские/покупательские отношения*, которые активизируются за счет покупательского поведения посредством познавательных функций в части поддержания позитивного настроя что-либо приобрести, продать или обменять, объединенных всеобъемлющим информационным пространством;

– *рыночные*, как обмен, сбыт через оптово-розничную торговлю и снабжение продовольствием.

Связи, как и факторы могут быть прямыми и косвенными.

Одним из примеров прямого типа связанности может быть – природно-климатическая связанность, которая предопределяет ритм, результаты, сроки, методы и технологии проведения тех или иных работ по осуществлению сельскохозяйственной деятельности, особенности расселения людей и традиционный рацион.

Кроме того, особая связанность выделяется П. Я. Баклановым в виде устойчивых [11], но косвенных связей – ресурсно-экологическая. Для продовольственной безопасности этот тип занимает особое место. Например, качество главного средства производства – земельного ресурса оказывает прямое влияние на продуктивность производства продовольствия, а косвенное влияние на почвенное плодородие оказывают высокие, порой неконтролируемые дозы минеральных удобрений, пестицидов, больших затрат воды на полив, прекращение работ по известкованию, фосфоритованию, гипсованию почв и проведению других агрохимических мероприятий, что приводит к деградации и истощению этих почв и, как следствие, к сокращению объемов валового сбора сельскохозяйственных культур. Это есть ассимиляция ресурсной связанности в экологическую.

Другим примером ресурсно-экологической связанности могут быть усиливающаяся изменчивость климатических экстремумов и связанные с изменением климата стихийные бедствия, создающие некоторые ограничения на продуктивность производства [7] и косвенно воздействующие на сбыт продовольствия и его потребление. Экстремально высокие и низкие значения климатических показателей непосредственно способствуют развитию эрозионных процессов в виде плоскостного и линейного смыва почв, суховейных ветров, избыточного переувлажнения, засух, наводнений, затопления сельскохозяйственных угодий, приводящих к гибели растений и других деградационных процессов.

К другой из косвенных форм связанности можно отнести производственную, связанную с размещением и экономической эффективностью сельскохозяйственного производства, территориальной концентрацией крупных агрохолдингов и сельскохозяйственных организаций. Такая связанность выступает экономико-производственной формой общности.

Мощный механизм формирования территориальной организации продовольственной безопасности автор выразил в ядре разными цветами. Это разноцветие выступает инструментарием к определению общности территории, т.е. её типологии. Каждый из цветов выражает разную форму общности рассматриваемых факторов и их связей. Данные общности носят непостоянный характер, поскольку, например, традиционные виды сельскохозяйственного производства могут испытывать трансформации за счет инновационной и инвестиционной деятельности, увеличивая при этом не только объем производства, но и ассортимент выпускаемой продукции, где в свою очередь изменения коснутся и других субъектов триады.

Таким образом, каждый цвет отражает проявление закономерной причинно-следственной взаимосвязи обеих групп системообразующих факторов, обуславливающих потенциальные угрозы обеспечения продовольственной безопасности. Совокупность условий и факторов, создающих потенциальную или реально существующую опасность нарушения целостности в системной триаде, определяет её вариантность или независимые возможные изменения (степень свободы) устойчивости и (или) неустойчивости системы.

Вариативность возможных ситуаций в системной триаде обусловлена различными поляризованными сочетаниями внутренних факторов диалектического характера, разной степенью их доминирования и подчинения. Степень поляризации определяется степенью выраженного воздействия доминирующих факторов, среди которых выделяются четыре основных иерархичных типа: главные, ведущие, значительные и незначительные факторы.

Возможные варианты образующихся моделей взаимоотношений в системной триаде могут быть образованы за счет изменений в бинарных отношениях. При этом образующиеся иерархичные модели по степени поляризованных сочетаний

внутренних факторов могут быть следующие.

Так, модель высокой степени поляризации с возможной ситуацией по направлению «*A – B – C – A*» является **оптимальной.** Данная модель в системной триаде представлена без выделения главных факторов и определена более сбалансированным вариантом воздействия бинарных взаимоотношений ***AB, BC, CA*** на территориальную систему в условиях полной безопасности без риска нарастания каких-либо угроз. Подобные модели представляют собой идеальный вариант развития ситуации, однако в реальности они вполне могут отсутствовать.

Модель взаимоотношения субъектов взаимодействия в контексте высокой поляризации возможна тогда, когда: **AB** – территории прямого и обратного природопользования с функциями сохранения экосистем и биоразнообразия, на которых природно-ресурсная обеспеченность оптимально соответствует темпам воспроизводства населения; **BC** – территории интенсификации с простым и расширенным воспроизводством продовольствия на инновационной основе, способное перекрывать меняющиеся потребности населения согласно рациональным нормам потребления продовольствия; **CA** – территории рациональных способов производственно-хозяйственной деятельности, которая оптимально соответствует условиям рационального использования природных, трудовых и иных ресурсов [12].

Также модель высокой степени поляризации возможна тогда, когда воздействие факторов незначительное. Вариативность таких ситуаций возрастает и присуща для моновариантных ситуаций, где дисбаланс присутствует по одному из бинарных отношений, сохраняя сбалансированное состояние по двум другим по принципу множественного подчинения. К числу возможных вариантов образующихся моделей могут быть отнесены, например, ситуации по следующим направлениям: «*A – D′ – B – C – A*», либо «*A – B – D″ – C– A*», либо «*A – B – C – D‴–A*». При этом возможны случаи дивариатных незначительных изменений в ситуациях, происходящих по двум бинарным отношениям, сохраняя сбалансированное состояние только по одному из них по принципу единичного подчинения, таких, как: «*A – D′ – B –D″– C – A*», «*A – B – D″ – C – D‴– A*» и «*A – D – B– C – D‴–A*».

Модели высокой степени поляризации с моновариантными и дивариатными незначительными ситуациями относят к числу переходных, поскольку в случае одного наиболее доминирующего фактора, изменяющегося по одному из направлений бинарных отношений, сохраняя равновесие по остальным, модель будет иметь дело с ярко выделенным главным фактором. В данном случае степень поляризации убывает и модель имеет уже среднюю степень поляризации.

К числу возможных ситуаций в моделях средней степени поляризации могут быть отнесены ситуации по следующим направлениям: «A – D_1 – B – C – A», «A – B – D_3 – C – A», «A – B – C – D_2 – A». Однако подобные ситуации существуют крайне редко, а могут и вполне отсутствовать, поскольку доминирующий субъект в триаде, как главный фактор возможных изменений в одном из бинарных отношений триады, зачастую сопровождается незначительными изменениями по двум другим или обуславливает их. При этом возможны ситуации следующих направлений: «A – D_1 – B – *D‴*– C – *D″*– A», «A – *D′* – B – D_3 – C – *D″*– A», «A – *D′* – B – D‴ – C – D_2 – A». Два главных фактора выделять не стоит, поскольку в таких случаях модели имеют дело с ведущими факторами.

В связи с этим, моделями средней степени поляризации могут выступать модели дивариантных дисбалансных ситуаций с ярко выделенными ведущими факторами, изменяющимися по двум направлениям одновременно, сохраняя равновесие только по одному или имея дело с незначительными изменениями в бинарных отношениях. Подобные модели ситуаций могут быть по следующим направлениям: «*A – D_1 – B – D_3 – C – A*», «*A – D_1 – B – C – D_2 – A*», «*A – B – D_3 – C – D_2 – A*», «*A – D_1 – B – D_3 – C – D‴– A*», «*A – D_1 – B – D″– C – D_2 – A*» и «*A – D′ – B – D_3 – C – D_2 – A*», которые считаются *кризисными, кризисно-оптимальными и оптимально-кризисными* с увеличивающимися изменениями в разбалансированных бинарных взаимоотношениях.

Данная модель испытывает трансформационные изменения в бинарных отношениях системной триады **AD_1B**, **BD_3C**, **CD_2A** со значительным риском нарастания возможных угроз тогда, когда: **AD_1B** – трансформационные изменения природных ресурсов, приводящие к уменьшению возможностей удовлетворения возрастающего совокупного спроса на качественное продовольствие вследствие увеличения численности населения и уменьшения природных возможностей; **CD_2A** – трансформация способов производственной деятельности по обеспечению населения продовольствием в условиях нерационального использования и распределения природных, трудовых и иных ресурсов; **BD_3C** – трансформация видов введения и управления простым и расширенным воспроизводством продовольствия, отсутствие дополнительных источников покрытия быстроменяющихся и растущих потребностей [13].

Кризисно-оптимальные и оптимально-кризисные ситуации в моделях средней степени поляризации расцениваются как переходные ситуации.

Ведущие факторы в сочетаниях могут быть выделены только по двум сторонам треугольника, поскольку в случае доминирования факторов по всем трем сторонам триады, модель имеет дело со значительным изменением ситуаций и получает низкую степень поляризации.

Модель низкой степени поляризации по направлению «*A – D – B – D – C – D – A*» является **критической ситуацией** со степенью свободы стремящейся к нулю. Данная модель характерна для конфликтных бинарных взаимоотношений ***ADB, BDC, CDA*** в критических условиях бесконтрольных ситуаций с максимальным риском нарастания угроз и возможна тогда, когда: ***ADB*** – экстенсивный характер природопользования, приводящий к качественно-количественному истощению природных ресурсов, деградации ландшафтов и его компонентов вследствие их бесконтрольного использования, техногенного загрязнения, к негативным последствиям в механизмах функционирования социальной сферы (дефицит продовольствия, недоступность по цене качественного продовольствия, несбалансированное питание и др.); ***CDA*** – ужесточающие режимы потребления ресурсов и их комплексного использования без учета скорости и объемов возобновления ресурсов, осуществление производственно-хозяйственной деятельности без ликвидации негативных последствий изъятия и использования природных ресурсов, приводящие к возникновению экологических проблем, кризисов и катастроф; ***BDC*** – нерациональное введение и управление простым и расширенным воспроизводством продовольствия в связи с нерациональной социально-экономической ориентацией и ошибками в процессе принятия решений (выбор неверных приоритетов введения хозяйства, неверный выбор специализации и размещения сельского хозяйства, импортозамещение продовольствия по демпинговым ценам низкого качества и др.) [12].

Модель низкой степени поляризации обусловлена значительным воздействием факторов и определена наиболее разбалансированным вариантом их воздействия на территориальную систему. Смыкание трех линий треугольника в точке D образуют инвариативные модели, в которых внешние и внутренние угрозы достигают своего максимума, а процессы по обеспечению продовольствием затухают до нуля.

Заключение

Резюмируя вышеизложенное, в заключении стоит отметить:

1. В рамках развития нового географического направления – географии продовольственной безопасности имеются явные субъекты и объекты исследований – системная триада и линейная триада управленческих функций (продовольственные процессы), и основной предмет исследований в управленческом цикле – баланс интересов экспертных и предметных географических знаний.

2. Предложенный тринитарный подход в рамках развития концептуальных основ географического познания продовольственной безопасности позволяет решать продовольственные проблемы в нескольких измерениях и находить баланс между увеличивающимися потребностями в продовольствии, уделяя при этом внимание интересам коллективного и индиви-

дуального благополучия человека и окружающей среды, а также обеспечивает значительные выгоды для производителей.

3. Представленные ранее устойчивые региональные типы продовольственного обеспечения неизбежно уступают свое место новому, более сложно структурированному представлению продовольственной безопасности в регионах (доноры, реципиенты и относительно самодостаточные), которые помимо основных экономических показателей сочетают в себе природно-ресурсные, социальные и информационные признаки территории.

Список источников

1. Баранцев Р. Г. Избранное. Москва-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2010. 534 с.

2. Родоманская С. А. Основные динамично развивающиеся тенденции продовольственной безопасности // Московский экономический журнал. 2022. Т. 7. № 11. С. 32. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_11_631. EDN: FIIHLJ

3. Липец Ю. Г., Пуляркин В. А., Шлихтер С. Б. География мирового хозяйства: учебное пособие. М.: ВЛАДОС, 1999. 398 с.

4. Стариков Н. А. Типология стран мира по особенностям продовольственной ситуации // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2015. № 6. С. 48-56. EDN: VYTUUF

5. Мересте У. И. Очерки по индексной теории. Таллин,1969. 171 с.

6. Корнекова С. Ю. География потребления: новые акценты и концептуальные идеи // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. 2015. № 3(25). С. 24-26. EDN: VHUGSR

7. Столбов В. А. Географическая материя: сущность и атрибуты // Социально-экономическая география: история, теория, методы, практика: Всероссийская конференция с международным участием, посвященная 110-летию со дня рождения профессора Ю.Г. Саушкина. Смоленск 2021. 540 с. С.173–185.

8. Розенфельд Л. Развитие принципа дополнительности // Нильс Бор. Жизнь и творчество. М.: Наука, 1967. С. 61-87.

9. Новиков А. Н., Гильфанова В. И. Традиционное природопользование: инновации – институты – традиции // Вестник евразийской науки. 2018. Т. 10. № 5. EDN: VRFWPK

10. Создание глобальной концепции продовольственной безопасности и питания на период до 2030 года: Доклад Группы экспертов высокого уровня по вопросам продовольственной безопасности и питания Комитета по всемирной продовольственной безопасности. Рим: ГЭВУ, 2020. 91 с. URL: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/13f14015-86c1-4ee4-bea5-a1601b499d43/content (дата обращения: 13.02.2024)

References

1. Barantsev RG. Selected works. Moscow-Izhevsk: Regular and Chaotic Dynamics, 2010:534.

2. Rodomanskaya SA. The main dynamically developing trends of food security. *Moscow Economic Journal.* 2022;7(11):32. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_11_631. EDN: FIIHLJ

3. Lipets YuG, Pulyarkin VA, Shlikhter SB. Geography of the world economy: a tutorial. Moscow: VLA-DOS, 1999:398.

4. Starikov NA. Typology of world countries according to the specific features of food situation. *Lomonosov Geography Journal*. 2015(6):48-56. (In Russ). EDN: VYTUUF

5. Mereste UI. Essays on index theory. Tallinn, 1969:171.

6. Kornekova SYu. The Geography of Consumption: new accents and conceptual ideas. *Teoriya i Praktika Servisa: Ekonomika, Social'naya Sfera, Tehnologii.* 2015(3(25):24-26. (In Russ). EDN: VHUGSR

7. Stolbov V.A. Geographical matter: essence and attributes. *Socio-Economic Geography: History, Theory, Methods, Practic: All-Russian Conference with International Participation, Dedicated to the 110th Anniversary of Professor Yu.G. Saushkin's birth*. Smolensk 2021. 540 p. 173–185.

8. Rosenfeld L. The development of the complementarity principle. *Niels Bohr. Life and creativity.* Moscow, Nauka, 1967:61-87

9. Novikov AN, Gilfanova VI. Traditional natural resources management: innovations – institutions – traditions. *Vestnik Evraziyskoy Nauki*. 2018;10(5). EDN: VRFWPK

10. Building a global vision for food security and nutrition to 2030: Report of the High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome: HLPE, 2020:91. URL: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/13f14015-86c1-4ee4-bea5-a1601b499d43/content (accessed 13/02/2024).

11. Kruskal MD. Asymptotic theory of Hamil-

11. Kruskal MD. Asymptotic theory of Hamiltonian and other systems with all solutions nearly periodic. *Journal of Mathematical Physics.* 1962;3(4):806-828. DOI: https://doi.org/10.1063/1.1724285https://dx.doi.org/10.1063%2F1.1724285

12. Грибов А. В., Гридюшко А. Н., Василевская Е. В. Обеспечение устойчивости продовольственного рынка региона – основа механизма управления продовольственной безопасностью // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 14-20.

13. Бакланов П. Я. Структуризация территориальных социально-экономических систем // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2013. № 6. С. 3-8. EDN: RRQKRR

tonian and other systems with all solutions nearly periodic. *Journal of Mathematical Physics.* 1962;3(4):806-828. (In Russ). DOI: https://doi.org/10.1063/1.1724285https://dx.doi.org/10.1063%2F1.1724285

12. Gribov AV, Gridyushko AN, Vasilevskaya EV. Ensuring the sustainability of the regional food market – the basis of the food security management mechanism. *Vestnik Belorusskoy Gosudarstvennoy Sel'skohozyaystvennoy Akademii*. 2022(3):14-20.

13. Baklanov PYa. Structuring of territorial socio-economic systems. *Lomonosov Geography Journal.* 2013(6):3-8. (In Russ). EDN: RRQKRR

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Родоманская Светлана Александровна, кандидат географических наук, доцент кафедры информатики и информационных таможенных технологий, Санкт-Петербургский им. В. Б. Бобкова филиал Российской таможенной академии, Санкт-Петербург, Россия, svetlana_1902@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3210-9970

Статья поступила в редакцию 01.04.2024
Одобрена после рецензирования 04.06.2024
Принята к публикации 10.06.2024

INFORMATION ABOUT TNE AUTHOR

Affiliation

Svetlana A. Rodomanskaya, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Informatics and Information Customs Technologies, St. Petersburg V. B. Bobkov Branch of the Russian Customs Academy, St. Petersburg, Russia, svetlana_1902@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3210-9970

The article was submitted 01.04.2024
Approved after reviewing 04.06.2024
Accepted for publication 10.06.2024

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 528.711:004.9:911.3:911.9:504:332.3
DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-93-102
EDN: NJAVXF

Сравнительный анализ точности классификации объектов на основе космических снимков из разных источников

© 2024 **Федосеева У. С.** ✉, **Тесленок С. А., Скурихин А. А.**
Югорский Государственный Университет
Ханты-Мансийск, Россия, fus260103@edu.ugrasu.ru✉;
teslenok-sa@mail.ru; a.skurikhin98@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Цель исследования – проведение сравнительного анализа точности классификации объектов на основе дешифрирования космических снимков, полученных из разных источников. **Методы.** Получение исходных данных сервисов Google Satellite, Bing Satellite и Yandex Satellite с использованием программного обеспечения SAS.Planet. Отбор снимков разного пространственного разрешения в ГИС QGIS и их анализ с использованием моделей машинного обучения Building Segmentation, Land Cover Segmentation, Roads Segmentation. Объединение исходных слоев и визуализация объектов с использованием файлов стилей. Оценка точности машинного обучения путем анализа результатов наложения слоев, с вычислением показателей наложения исходных слоев, полученных человеком, и слоев, созданных машинным обучением. **Результаты** представлены рядом таблиц и графиков, анализ которых показал разную степень преобладания и соотношения слоев в итогах классификации космических снимков. Изменения в доле перекрытия при использовании снимков разных масштабных уровней (и, соответственно – разного пространственного разрешения) связываются с увеличением степени детализации геоизображения при переходе к более детальным уровням масштабирования. Сравнение материалов обработки спутниковых снимков, полученных с разных сервисов, показывает, что они используют разные алгоритмы обработки геоизображений и идентификации объектов, что в итоге приводит к различиям в результатах анализа наложения. **Выводы.** Выявлено влияние типа исходных геоданных и их пространственного разрешения на получаемые результаты. Исследование в ряде случаев показало неудовлетворительную точность использованных моделей машинного обучения (особенно при распознавании трех групп объектов: элементов дорожной сети, зданий и сооружений, и промежуточного слоя). Качество классификации объектов напрямую зависит от пространственного разрешения снимков и источника данных (сервиса космоснимков), с лучшими результатами для снимков Google Satellite и Yandex Satellite. Использованные методы машинного обучения могут значительно повышать эффективность организации и осуществление космического мониторинга территориальных систем и управления экологическими рисками, однако требуют качественных исходных данных для повышения точности обработки геоизображения и избегания ошибок сегментации.

Ключевые слова: космические снимки, классификация объектов, SAS.Planet, Google Satellite, Bing Satellite, Yandex Satellite, обработка данных, QGIS, Deepness, машинное обучение, сегментация объектов, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра.

Благодарность

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по организации молодежной лаборатории в Югорском государственном университете (НИР 1022031100003-5-1.5.1) в рамках реализации национального проекта «Наука и университеты».

Формат цитирования: Федосеева У. С., Тесленок С. А., Скурихин А. А. Сравнительный анализ точности классификации объектов на основе космических снимков из разных источников // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2024. Т. 18. № 2. С. 93-102. DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-93-102. EDN: NJAVXF

Comparative Analysis of the Accuracy of Object Classification Based on Space Images from Different Sources

© 2024 Ulyana S. Fedoseeva✉, Sergey A. Teslenok, Alexandr A. Skurihin
Yugra State University
Khanty-Mansiysk, Russia, fus260103@edu.ugrasu.ru✉;
teslenok-sa@mail.ru; a.skurikhin98@mail.ru

ABSTRACT. The **aim** of the research is to conduct a comparative analysis for object classification accuracy based on interpretation of space images obtained from different sources. **Methods.** Obtaining initial data from Google Satellite, Bing Satellite and Yandex Satellite services using SAS.Planet software. Selection of images of different spatial resolutions in QGIS and their analysis using machine learning models Building Segmentation, Land Cover Segmentation, Roads Segmentation.Combining original layers and visualizing objects using style files. Evaluating the accuracy of machine learning by analyzing the results of layer stacking, calculating the overlap metrics between the original human-generated layers and the machine learning-generated layers. The **results** are presented by a number of tables and graphs, the analysis of which showed different degrees for overlap prevalence and ratio of layers in the space image classification results. Changes in the overlap proportion when using images of different scale levels (and, accordingly, different spatial resolutions) are associated with an increase in the degree of the geoimage when moving to more detailed zoom levels. Comparison of space images processing data obtained from different services shows that they use different algorithms for geoimage processing and object identification, which ultimately leads to differences in the results of the overlay analysis. **Conclusions.** It was revealed the influence of the initial geodata type and its spatial resolution on the obtained results. The study showed in a number of cases the unsatisfactory accuracy of the machine learning models used (especially when recognizing three groups of objects: road network elements, buildings and structures, and the intermediate layer). The quality of object classification directly depends on the images spatial resolution and data source (satellite imagery service), with the best results for Google Satellite and Yandex Satellite images. The used machine learning methods can significantly improve the efficiency of organizing and implementing space monitoring of territorial systems and environmental risk management, but require high-quality source data to improve the accuracy of geoimage processing and avoid segmentation errors.

Keywords: space images, object classification, SAS.Planet, Google Satellite, Bing Satellite, Yandex Satellite, data processing, QGIS, Deepness, machine learning, segmentation, Khanty-Mansiisk Autonomous District.

Acknowledgements

The research was supported by State Assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation to organize a new young researcher laboratory in Yugra State University (Research number 1022031100003-5-1.5.1) as a part of the implementation of the National Project “Science and Universities”.

For citation: Fedoseeva US, Teslenok SA, Skurikhin AA. Comparative Analysis of the Accuracy of Object Classification Based on Space Images from Different Sources. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2024;18(2):93-102. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-93-102. EDN: NJAVXF

Введение

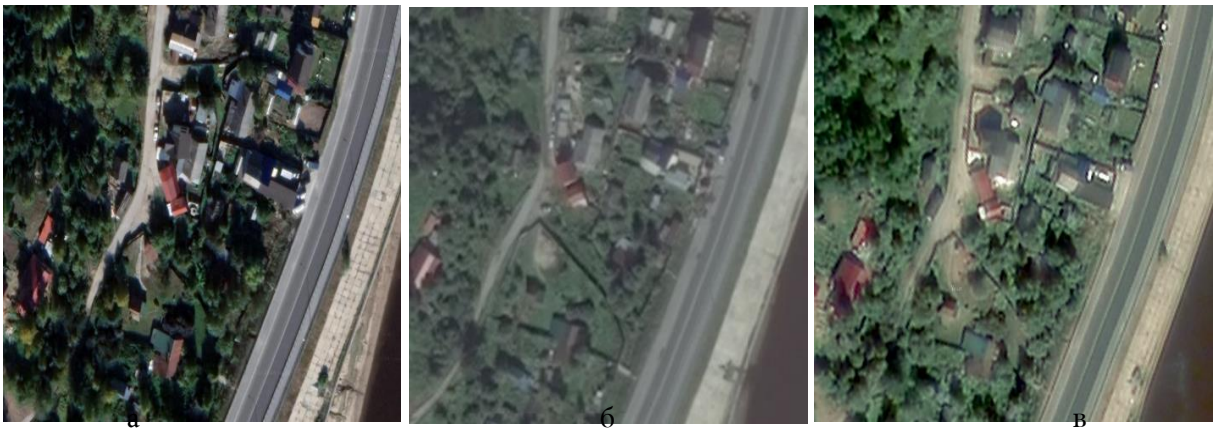
В последние годы наблюдается стремительное развитие интеграции географических информационных систем (геоинформационных систем, ГИС) с машинным обучением и нейронными сетями для выполнения анализа пространственных данных [1-3]. Особое внимание уделяется классификации объектов на основе автоматизированного дешифрирования космических снимков [2; 3], что является ключевым этапом теоретических и прикладных исследований в различных важнейших областях науки и отраслях экономики. Прежде всего, это энергетика, географические исследования, картография и топография, экология, рациональное природопользование, охрана и мони-

торинг окружающей среды (включая государственный экологический), особо охраняемые природные территории и их туристско-рекреационное использование, сельское хозяйство, изменения в структуре использования земель, землеустроительная и кадастровая деятельность, городское планирование [1; 3-13]. Так, в последней области известен пример определения и показа потенциала применения космоснимков при использовании 3D-модели города в моделировании шумового загрязнения [7]. Оно же, применительно к дорожному движению, анализируется и моделируется с использованием глубоких нейронных сетей в работе [14], демонстрируя важность и значимость данных дистанционного зондирования. Метод прогнозирования индекса MIR (Multi-Index Rating) с помощью ГИС представлен в [15], при этом показана возможность использования спутниковых снимков для прогнозирования показателей окружающей среды. Анализ энергетических тенденций на примере потребления и производства возобновляемой энергии, выполненный с использованием ГИС, и показывающий применение космоснимков, представлен в [1]. Применительно к проблематике машинного обучения и распознавания изображений, новый подход, сочетающий его с геоинформационными системами и технологиями использован в [1; 3]. Ряд аналогичных работ [16; 17 и др.] выполнялась на территории изучаемого Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

В целом, данные и технологии дистанционного зондирования Земли интегрируются в ГИС и в самой непосредственной и тесной связи с геоинформационными технологиями используются уже давно [4-6; 8-13; 18 и др.]. Несмотря на то, что ряд исследований успешно применяют ГИС и машинное обучение для классификации объектов на основе спутниковых изображений (в дополнение к указанным ранее [1-3; 15; 17 и др.]), сравнительный анализ точности классификации с использованием данных из различных источников является недостаточно изученным. Зачастую это связано с тем, что космические снимки, получаемые с различных платформ и из разных источников, обладают различными характеристиками и свойствами, которые влияют на точность классификации в процессе их автоматизированного дешифрирования [2; 6; 11; 15 и др.]. Это определяет цель исследования – провести сравнительный анализ точности классификации объектов на основе космоснимков, полученных из разных источников, с целью выявления влияния типа данных и пространственного разрешения на получаемые результаты.

Материал и методы исследований

Для сбора исходных данных использовались возможности программного обеспечения SAS.Planet [19], предоставляющего доступ к космическим снимкам различных сервисов, включая такие как Google Satellite, Bing Satellite и Yandex Satellite (рис. 1). Методика получения и использования дистанционных материалов SAS.Planet [19] в материалах геоэкологической направленности разрабатывается нами начиная с 2011 г. [8; 9; 12; 20 и др.].



а б в

Рис. 1. **Сравнение космоснимков разных источников одного (z18) уровня детализации (а – Google Satellite, б – Bing Satellite, в – Yandex Satellite)**

Fig. 1. Space images comparison from different sources of the same (z18) level of detail (a is Google Satellite, б is Bing Satellite, в is Yandex Satellite)

Для сравнительного анализа точности классификации объектов на основе дешифрирования космических снимков, полученных из разных источников – сервисов SAS.Planet [19], были выбраны снимки трех разных уровней масштабирования (пространственного разрешения): z18 (0,58 м/пк), z19 (0,29 м/пк) и z20 (0,14 м/пк) на территорию, расположенную в пределах административного центра Ханты-Мансийского автономного округа – Югры – г. Ханты-Мансийска (рис. 1). Работы выполнялись с использованием возможностей ГИС QGIS [21] на основе созданного геоинформационного проекта [18]. Были использованы модели машинного обучения Building Segmentation (BS), Land Cover Segmentation (LCS), Roads Segmentation (RS) (табл. 1) с сайта Deepness Model ZOO [22]. Задача интегрирования указанных моделей в программную среду ГИС QGIS [45] была решена установкой модуля Deepness, полученного с указанного сайта [22].

После процедуры обработки и автоматизированной классификации космоснимков указанные модели позволили дешифрировать разное количество классов пространственных объектов (слоев), представленных в таблице 1: для моделей BS и RS – по два слоя (Background, Building и not_road, road соответственно), для модели LCS – пять слоев (background, build, road, water, woodland, not_road). Таким образом, по результатам автоматизированной классификации исследуемых геоизображений были выделены такие классы пространственных объектов, как элементов дорожной и уличной сети, зданий и сооружений, водных поверхностей, древесно-кустарниковой растительности (табл. 1).

Для облегчения процедуры анализа исследуемые слои были объединены в единый слой с помощью инструмента «Объединение по атрибуту» с целью подсчета площадей и показателей наложения. Они представлены ниже для каждого из трех исследованных сервисов – источников данных, в трех разных масштабных уровнях, в таблицах 2-4 и визуализированных на рисунках 2-4. Оптимальное визуальное представление дешифрированных объектов на картографических материалах осуществлялось с использованием файлов стилей ГИС QGIS (QGIS Layer Settings (*.qml)) [20].

Определение точности машинного обучения производилось путем оценки процентного соотношения между слоями. Для этого был задействован инструмент ГИС QGIS [20] «Анализ наложения», позволивший получить данные по площади перекрытия или наложения (overlay area) (Sп (Ao), в м^2) и процентному соотношению (доле) (overlap proportion) (в %) исходного объекта, перекрытого каждым слоем наложения (табл. 2-4, рис. 2-4).

Таблица 1. **Стандартные параметры использованных моделей машинного обучения**
Table 1. Standard parameters of the used machine learning models

Название модели Model name	**Пространственное разрешение, см/пк** Spatial resolution, cm/px)	**Доля перекрытия, %** The proportion of overlap, %	**Пороговое значение** Threshold value	**Удаление небольших участков (пк)** Removing small areas (px)	**Количество слоев** Number of layers	**Название слоя** Layer name
Buildings Segmentation (BS)	50,00	5	0,50	11	2	Background
						Building
Land Cover Segmentation (LCS)	40,00	40	0,30	3	5	_background
						_build
						_road
						_water
						_woodland
Roads Segmentation (RS)	21,00	15	0,50	11	2	not_road
						road

Таблица 2. **Показатели наложения, Bing Satellite**
Table 2. Overlap indices, Bing Satellite

Слой (модель) Layer (Model)	**Уровень детализации** Level of detail					
	18z		**19z**		**20z**	
	S п, м² A o, м²	**доля, %** proportion, %	**S п, м²** A o, м²	**доля, %** proportion, %	**S п, м²** A o, м²	**доля, %** proportion, %
_not_road (RS)	8 519,4	98,1	7753	98,1	8 397,3	98,0
_road (RS)	2 959,1	21,1	2 974,1	20,2	2 948,8	21,0
_background	6 287,9	47,9	6 295,1	47,8	6 243,1	47,2
_building	236,6	28,9	224,0	26,5	223,0	27,1
_road	914,6	59,9	588,2	49,7	640,1	51,2
_water	1 135,2	89,5	1 113,8	90,0	1 117,3	87,3
_woodland	4 908,4	85,4	5 132,8	85,3	5 006,7	85,5
Background	20 985,0	93,9	20 979,2	93,9	20 902,9	94,0
Building	183,5	33,0	179,4	34,8	179,5	31,4

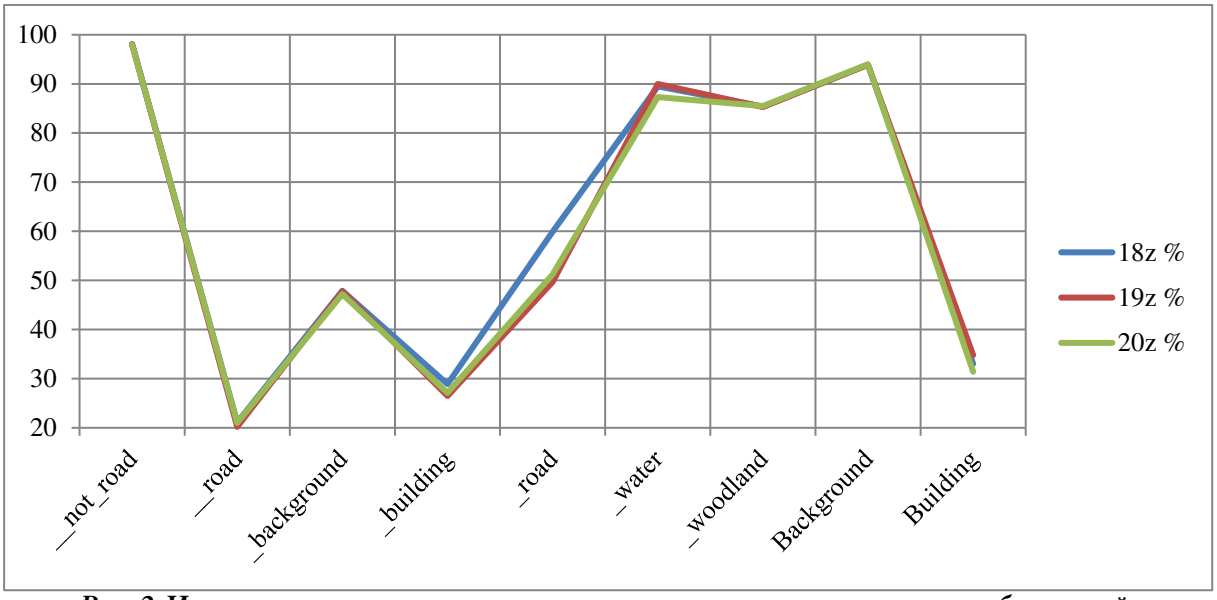


Рис. 2. **Изменение доли перекрытия в зависимости от качества геоизображений, Bing Satellite**
Fig. 2. Variation of overlap fraction depending on the quality of geoimages, Bing Satellite

Таблица 3. **Показатели наложения, Google Satellite**
Table 3. Overlap indices, Google Satellite

Слой Layer	**Уровень детализации** Level of detail					
	18z		**19z**		**20z**	
	S п, м² A o, м²	**доля, %** proportion, %	**S п, м²** A o, м²	**доля, %** proportion, %	**S п, м²** A o, м²	**доля, %** proportion, %
__not_road	15 746,9	99,1	16 644,6	99,1	17 312,4	99,2
__road	3 036,5	44,0	3 015,7	50,4	3 003,0	56,6
_background	6 329,9	51,8	6 187,8	57,7	5 902,3	61,0
_building	562,1	59,2	800,9	60,0	889,1	50,8
_road	2 013,0	89,3	2 520,6	92,3	2 542,3	89,8
_water	479,0	59,6	463,7	43,3	468,2	45,5
_woodland	4 946,7	82,9	5 284,7	83,7	5 731,2	83,6
Background	21 237,0	94,3	20 938,6	96,8	20 879,1	97,1
Building	251,4	64,4	801,0	69,3	850,8	68,6

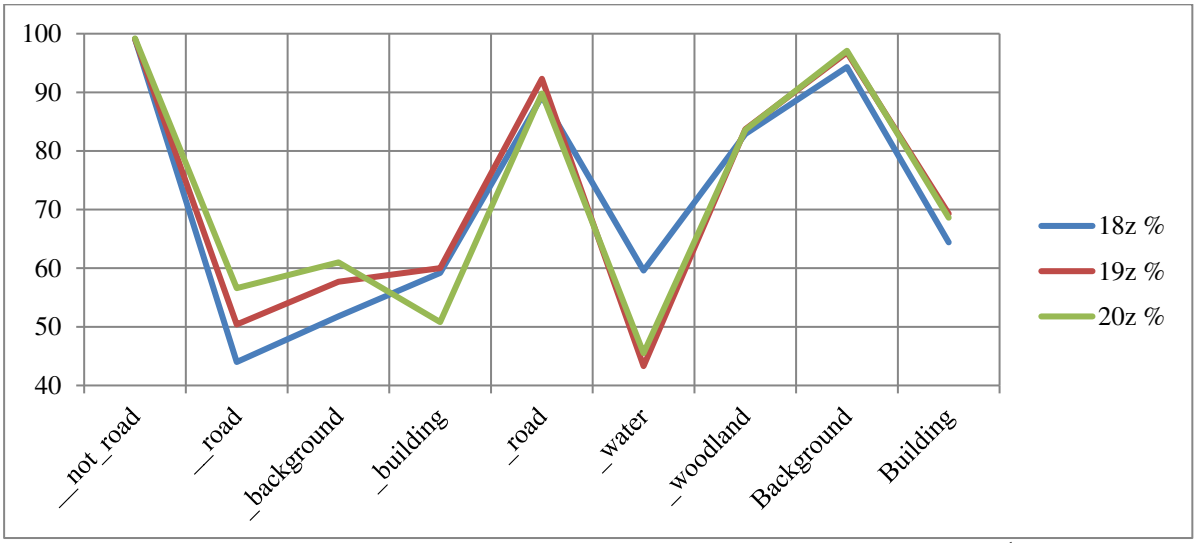


Рис. 3. **Изменение доли перекрытия в зависимости от качества геоизображений, Google Satellite**

Fig. 3. Variation of overlap fraction depending on the quality of geoimages, Google Satellite

Таблица 4. **Показатели наложения, Yandex Satellite**

Table 4. Overlap indices, Yandex Satellite

Слой Layer	**Уровень детализации** Level of detail					
	18z		**19z**		**20z**	
	S п, м² A o, м²	**доля, %** proportion, %	**S п, м²** A o, м²	**доля, %** proportion, %	**S п, м²** A o, м²	**доля, %** proportion, %
__not_road	16223,3	98,1	16660,7	98,4	16114	98,9
__road	2908,5	46,1	2866,6	49	2943,8	45,8
_background	7070,4	49,3	6875,5	48,3	6867,7	47,7
_building	347,5	79,9	148,8	80,6	145,7	89,6
_road	133,1	42,9	123,7	54,7	221	70,2
_water	1039,2	67,7	1043,1	55,7	1065,9	57,6
_woodland	5313,3	89,3	5181,8	87,3	4923,1	86,4
Background	21191,3	96,6	21171,1	97	21186,5	97,4
Building	830,4	84,4	803,4	84,6	880,7	86,4

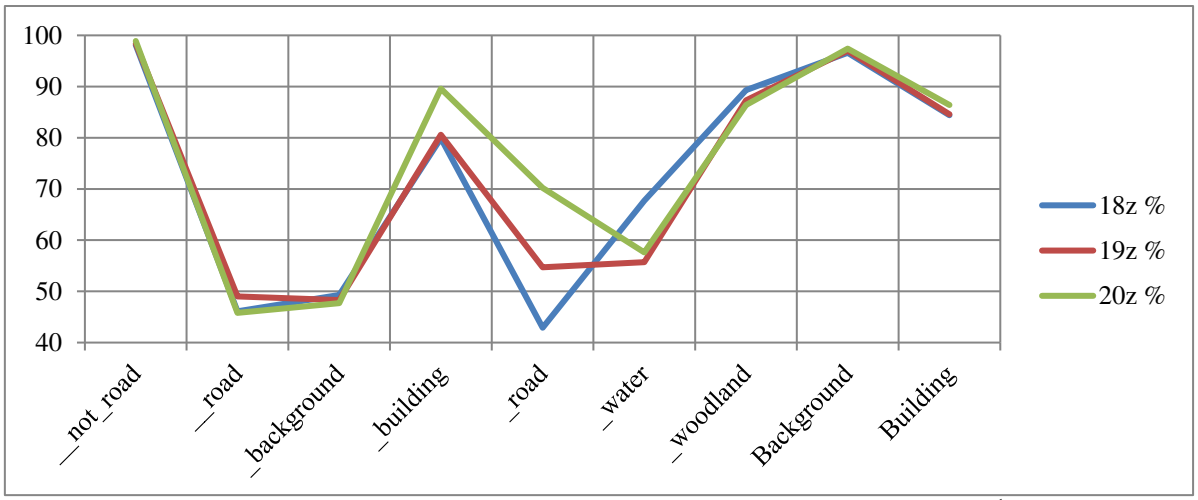


Рис. 4. **Изменение доли перекрытия в зависимости от качества геоизображений, Yandex Satellite**

Fig. 4. Variation of overlap fraction depending on the quality of geoimages, Yandex Satellite

Результаты и их обсуждение

Результаты расчетов (табл. 2-4) были визуализированы в виде графиков (рис. 2-4), отражающих процентное отношение каждого анализируемого слоя к исходному значению.

Слой «Background» является доминирующим по занимаемой площади на всех проанализированных уровнях детализации (18z, 19z, 20z), занимая порядка 94-97 % исходного объекта (соответственно на «полюсах» находятся спутниковые данные, полученные cBing Satellite (табл. 2) и Yandex Satellite (табл. 4)). Таким образом, везде основная часть анализируемых геоизображений соответствует фоновому слою.

Слой «__not_road» показывает стабильное перекрытие на всех уровнях детализации (около 98-99 % на дистанционных данных всех источников), что может указывать на наличие большого количества пространства на геоизображении, не занятого элементами дорожной и уличной сети. Некоторые слои, такие как «__road», «_building», «_road», «_water» и «_woodland» демонстрируют колебания в площади перекрытия применительно к разным масштабным уровням.

Выявленные различия в доле перекрытия между исследованными уровнями масштабирования (например, «_building» – 79,9 % на 18z и 89,6 % на 20z или «_road» – 42,9 % на 18z и 70,2 % на 20z для Yandex Satellite (табл. 4)) могут быть связаны с увеличением качества и детализации геоизображений при переходе к более высоким уровням (соответственно, 18z – наименее детальный, 20z – наиболее детальный).

Слой «__road» показывает стабильное увеличение доли перекрытия с увеличением уровня детализации. Это может быть связано с тем, что алгоритм машинного обучения, используемый для идентификации элементов дорожной и уличной сети, работает более точно на более высоких уровнях детализации.

Слой «_building» показывает наиболее заметное увеличение площади перекрытия на масштабных уровнях 19z и 20z только для Yandex Satellite (табл. 4), в то время как слои «_water», «_woodland» и «_road» демонстрируют более стабильную долю перекрытия на всех уровнях детализации. Изменения в доле перекрытия между уровнями детализации (например, «_building» – 59,2 % на уровне 18z и 60,0 % – на уровне 19z для Google Satellite (табл. 3)) так же, как и в рассмотренных выше случаях, могут быть связаны с ростом качества детализации геоизображений при переходе к более высоким уровням масштабирования (18z – наименее детальный, 20z – наиболее детальный).

Сравнение полученных результатов, представленных во всех трех результирующих таблицах по анализируемым источникам геоданных (см. табл. 2-4) и графически визуализированных на рисунках, (рис. 2-4) показывает, что различные системы получения спутниковых снимков (Bing Satellite, Google Satellite, Yandex Satellite) используют разные алгоритмы обработки геоизображений и определения объектов, что приводит к различиям в результатах анализа наложения.

Заключение

В результате исследования были получены следующие выводы.

– оценка показателей перекрытия (наложения) показала неудовлетворительную точность использованных моделей машинного обучения;

– качество классификации объектов различается и определяется пространственным разрешением спутниковых снимков и конкретным сервисом – источником данных дистанционного зондирования;

– наименьшие качественные различия результатов классификации характерны для комических снимков Google Satellite, а снимки Yandex Satellite демонстрируют лучшие результаты классификации по сравнению с Bing Satellite;

– часть слоев полученной геопространственной модели исследуемой территории (элементов дорожной и уличной сети, зданий и сооружений, промежуточный слой) может не достигать порогового значения в 50 %, что указывает на неточности исходного слоя или неспособность использованных моделей и машинного обучения качественно различать эти объекты.

Таким образом, процесс автоматизированного дешифрирования данных дистанционного зондирования и классификации пространственных объектов может сопровождаться определенными трудностями, главной из которых является недостаточное качество исходных данных –

спутниковых снимков, определяемое, в первую очередь, их пространственным разрешением и степенью детализации геоизображений. В конечном счете это может оказать существенное влияние на обработку космических снимков с использованием моделей машинного обучения и получение на результирующих слоях ошибок сегментации в виде артефактов.

Тем не менее, методы машинного обучения позволяют автоматизировать обработку больших объемов растровых данных, значительно повышая эффективность мониторинга и управления экологическими рисками. Используя данный метод, возможно не только получить большой объем данных, но и визуализировать их, таким образом несколько отдельных задач могут быть реализованы быстрее, нежели решение этих задач вручную.

Список источников

1. Madhu D, Nithya GK, Sreekala S, Ramesh MV. Regional-scale landslide modeling using machine learning and GIS: a case study for Idukki district, Kerala, India. *Natural Hazards: Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards.* 2024;120(11):9935-9956. DOI:10.1007/s11069-024-06592-3

2. Patange MJ, Abhishek GJ, Ashwini TR, Lakra TSh, et al. Applications of hyperspectral remote sensing, GIS, and artificial intelligence in agriculture. *Archives of Current Research International*. 2024;24(7):1-13. DOI:10.9734/acri/2024/v24i7823.

3. Rihan N, Mridha T, Haque M, Rasel A. Estimation of global E-waste generation using GIS & Classification using machine learning. Conference Paper. International Conference on Physics – 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/380372539_Estimation_of_Global_E-waste_Generation_using_GIS_Classification_Using_Machine_Learning (дата обращения: 18.05.2024).

4. Чинаев С. С., Тесленок К. С., Тесленок С. А. Создание топографического плана рекреационного комплекса // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2020. № 2(18). С. 5-15. DOI:10.25587/SVFU.2020.18.2.007. EDN: TOKLLX

5. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. 320 с.

6. Лабутина И. А., Балдина Е. А. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ. М., 2011. 88 с.

7. Ranjbar HR, Gharagozlou A, Vafaeinejad A, Kluijver H. A GIS-Based approach for 3D modeling of noise by using 3D city model (case study: Parts of the 3rd region of Tehran). *Journal of Environmental Studies.* 2013;38(4):125-140.

8. Тесленок С. А., Тесленок К. С. Технологии ГИС и ДЗЗ в управлении ресурсами и природопользованием АПК // Проблемы и перспективы развития агропромышленного производства. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2014. С. 166-181. EDN: UJQGAD

9. Тесленок К. С., Тесленок С. А. Технология получения аэрокосмической информации для реше-

References

1. Madhu D, Nithya GK, Sreekala S, Ramesh MV. Regional-scale landslide modeling using machine learning and GIS: a case study for Idukki district, Kerala, India. *Natural Hazards: Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards.* 2024;120(11):9935-9956. DOI:10.1007/s11069-024-06592-3

2. Patange MJ, Abhishek GJ, Ashwini TR, Lakra TSh, et al. Applications of hyperspectral remote sensing, GIS, and artificial intelligence in agriculture. *Archives of Current Research International*. 2024;24(7):1-13. DOI:10.9734/acri/2024/v24i7823.

3. Rihan N, Mridha T, Haque M, Rasel A. Estimation of global E-waste generation using GIS & Classification using machine learning. Conference Paper. International Conference on Physics – 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/380372539_Estimation_of_Global_E-waste_Generation_using_GIS_Classification_Using_Machine_Learning (accessed 18.05.2024).

4. Chinaev SS, Teslenok KS, Teslenok SA. Creating the topographic plan of a recreational complex. *Vestnik of North-Eastern Federal University. Earth Sciences.* 2020(2(18):5-15. (In Russ). DOI:10.25587/SVFU.2020.18.2.007. EDN: TOKLLX

5. Vinogradov BV. Aerospace monitoring of ecosystems. Moscow: Nauka, 1984:320. (In Russ).

6. Labutina IA, Baldina EA. Using remote sensing data to monitor ecosystems of protected areas. Moscow, 2011:88. (In Russ).

7. Ranjbar HR, Gharagozlou A, Vafaeinejad A, Kluijver H. A GIS-Based approach for 3D modeling of noise by using 3D city model (case study: Parts of the 3rd region of Tehran). *Journal of Environmental Studies.* 2013;38(4):125-140.

8. Teslenok SA, Teslenok KS. GIS technology and remote sensing in resource management and nature management of agrarian and industrial complex. *Issues and Prospects of Agro-Industrial Production Development*. Penza: Penza State

ния проблем природопользования // Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2015. С. 90-94. EDN: UBJQAN

10. Калашникова Л. Г., Тесленок К. С., Тесленок С. А. Картографирование неблагоприятных последствий взаимодействия человека и природной среды // Гуманитарное знание и духовная безопасность: Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. (Грозный, 1-3 декабря, 2017 г.). Грозный: Чеченский государственный педагогический университет, 2017. С. 292-297. EDN: ZUWLYR

11. Юртаев А. А., Тесленок К. С. Возможности геоинформационных систем и дистанционного зондирования Земли в исследованиях и мониторинге окружающей природной среды и обеспечения экологической безопасности // Молодежь и наука – 2019: материалы VI международной студенческой научно-практической конференции, посвящённой «Jastar jyly»: в 5 т. Т. 5. Петропавловск, 2019. С. 246-252.

12. Тесленок С. А., Родин А. В., Жирнов С. А., Тесленок К. С. Эталоны визуального дешифрирования космоснимков ключевых участков хозяйств Акмолинского Приишимья // XL Огаревские чтения: материалы научной конференции: в 3 ч. Ч. 2. Естественные науки. Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2011. С. 262-266.

13. Тесленок С. А., Беляева А. В., Печнов В. И. Опыт и перспективы использования новых технологий в управлении агропромышленным комплексом Республики Мордовия // Успехи современного естествознания. 2021. № 2. С. 76-81. DOI:10.17513/use.37577. EDN: WYUVMB

14. Aldulaimi A, Pradhan B, Chakraborty S, Alamri A, et al. An optimized deep neural network approach for vehicular traffic noise trend modeling. *IEEE Access*. 2021;PP(99):1-1. DOI:10.1109/ACCESS.2021.3100855

15. Doan T-N, Nguyen K. Building a GIS map for forecasting the MIR index in an Giang. *IIUM Engineering Journal.* 2024;25(2):266-286. DOI: https://doi.org/10.31436/iiumej.v25i2.3129

16. Коршунова Е. Л. Ландшафтный мониторинг территории природного парка «Нумто» с использованием методов дистанционного зондирования Земли // Геоинформационные технологии в решении задач рационального природопользования: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Ханты-Мансийск, 29-30 октября 2013 г.) Ханты-Мансийск: Югграграфика, 2013. С. 56-58. EDN: YSSNYR

17. Киприна Е. Н., Севастьянов Д. В. Особо охраняемые природные территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры как объекты экологического и этнического туризма // Agrarian University, 2014:166-181. (In Russ). EDN: UJQGAD

9. Teslenok KS, Teslenok SA. Technology of obtaining aerospace information for the solution of problems of environmental management. *Natural Resource Potential, Ecology and Sustainable Development of Russian Regions: Collection of Articles from the 13th International Scientific and Practical Conference*. Penza: Penza State Agrarian University, 2015:90-94. (In Russ). EDN: UBJQAN

10. Kalashnikova LG, Teslenok KS, Teslenok SA. Mapping the adverse effects of human-environment interactions. *Humanitarian Knowledge and Spiritual Security: Proceedings from the 4th International Scientific and Practical Conference. (Grozny, December 1-3, 2017).* Grozny: Chechen State Pedagogical University, 2017:292-297. (In Russ). EDN: ZUWLYR

11. Yurtaev AA, Teslenok KS. Capabilities of geographic information systems and remote sensing of the Earth in research and monitoring of the environment and ensuring environmental safety. *Youth and Science – 2019: Proceedings of the 6th International Student Scientific and Practical Conference Dedicated to "Jastar jyly": in 5 vols. Vol. 5*. Petropavlovsk, 2019:246-252. (In Russ).

12. Teslenok SA, Rodin AV, Zhirnov SA, Teslenok KS. Standards for visual interpretation of space images of farms key areas in the Akmola Priishimye. *40th Ogarev Readings: Proceedings of a scientific conference: in 3 parts. Part 2. Natural Sciences.* Saransk: Mordovian University Publ., 2011:262-266. (In Russ).

13. Teslenok SA, Belyaeva AV, Pechnov VI. Experience and prospects of using new technologies in the management of the agro-industrial complex of the Republic of Mordovia. *Uspehi Sovremennogo Estestvoznaniya.* 2021(2):76-81. (In Russ). DOI:10.17513/use.37577. EDN: WYUVMB

14. Aldulaimi A, Pradhan B, Chakraborty S, Alamri A, et al. An optimized deep neural network approach for vehicular traffic noise trend modeling. *IEEE Access*. 2021;PP(99):1-1. DOI:10.1109/ACCESS.2021.3100855

15. Doan T-N, Nguyen K. Building a GIS map for forecasting the MIR index in an Giang. *IIUM Engineering Journal.* 2024;25(2):266-286. DOI: https://doi.org/10.31436/iiumej.v25i2.3129

16. Korshunova EL. Landscape monitoring of the Numto nature park using Earth remote sensing methods. *Geoinformation Technologies in Solving Problems of Rational Nature Management: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference (Khanty-Mansiysk, October 29-30, 2013)*. Khanty-Mansiysk: Yugragraphics, 2013:56-58. (In Russ). EDN: YSSNYR

17. Kiprina EV, Sevastyanov DV. Preserved natural territories of Khanty-Mansiysk Autono-

Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2007. № 2. С. 100-107. EDN: RTTKDB

18. Тесленок К. С. Создание геоинформационного проекта и его использование в целях развития хозяйственных систем // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 10-12 декабря 2015 г.). Саратов: Научная книга, 2015. С. 134-138. EDN: VNQWVL

19. SAS Planet. URL: https://sasplanet.geojamal.com/ (дата обращения: 20.06.2024).

20. Тесленок С. А. Агроландшафтогенез в районах интенсивного хозяйственного освоения: Исследование с использованием ГИС-технологий: монография. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publ. 2014. 189 с.

21. QGIS. Spatial Without Compromise. URL: https://www.qgis.org/ (дата обращения: 20.06.2024).

22. Deepness Model ZOO – QGIS: Deepness. Deep Neural Remote Sensing 0.6.3 documentation. URL: https://qgis-plugin-deepness.readthedocs.io/en/latest/main/main_model_zoo.html (дата обращения: 20.06.2024).

mous District as the objects of ecological and ethnic tourism. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle.* 2007(2):100-107. (In Russ). EDN: RTTKDB

18. Teslenok KS. Creation of a geoinformation project and its use for the economic systems development. *Geoinformation Mapping in the Regions of Russia: Proceedings of the 7th All-Russian Scientific and Practical Conference (Voronezh, December 10-12, 2015).* Saratov: Nauchnaya kniga, 2015:134-138. (In Russ). EDN: VNQWVL

19. SAS Planet. URL: https://sasplanet.geojamal.com/ (accessed 20.06.2024).

20. Teslenok SA. Agrolandscape genesis in areas of intensive economic development: Research using GIS technologies: monograph. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publ. 2014. 189 c. (In Russ).

21. QGIS. Spatial Without Compromise. URL: https://www.qgis.org/ (accessed 20.06.2024).

22. Deepness Model ZOO – QGIS: Deepness. Deep Neural Remote Sensing 0.6.3 documentation. URL: https://qgis-plugin-deepness.readthedocs.io/en/latest/main/main_model_zoo.html (accessed 20.06.2024).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Федосеева Ульяна Сергеевна, магистрант, Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия, fus260103@edu.ugrasu.ru, https://orcid.org/0009-0005-3198-9004

Тесленок Сергей Адамович, кандидат географических наук, доцент высшей экологической школы, Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия, teslenok-sa@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-6691-3724

Скурихин Александр Александрович, аспирант, инженер лаборатории изучения пространственно-временной изменчивости углеродного баланса лесных и болотных экосистем средней тайги Западной Сибири, Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия, a.skurikhin98@mail.ru, https://orcid.org/0009-0002-0005-39030

Критерии авторства

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 21.06.2024
Одобрена после рецензирования 26.06.2024
Принята к публикации 28.06.2024

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Ulyana S. Fedoseeva, Master's degree student, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, fus260103@edu.ugrasu.ru, https://orcid.org/0009-0005-3198-9004

Sergey A. Teslenok, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Higher Ecological School, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, teslenok-sa@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-6691-3724

Alexandr A. Skurihin, Ph.D. student, engineer, Laboratory for Studying the Spatial and Temporal Variability of the Carbon Balance of Forest and Swamp Ecosystems in Western Siberia middle taiga, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, a.skurikhin98@mail.ru, https://orcid.org/0009-0002-0005-39030

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 21.06.2024
Approved after reviewing 26.06.2024
Accepted for publication 28.06.2024

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 502.171
DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-103-114
EDN: PHIMMK

Территориальная организация природопользования в условиях Кулундинской степи (на примере Алтайского края)

© 2024 **Швецова Л. В.** ✉[1], **Мардасова Е. В.**[1], **Рыгалов Е. В.**[1], **Антюфеева Т. В.**[2]
[1]Алтайский государственный университет
Барнаул, Россия, shvetsova.lar@yandex.ru✉; mardasova_ev@mail.ru; rugalov@mail.ru
[2]Югорский государственный университет
Ханты-Мансийск, Россия, atv-08@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Целью исследования является формирование территориальной структуры природопользования в условиях Кулундинской степи (в границах Алтайского края). Каждый выделенный этап заселения и освоения ее территории отличается динамикой образованных и ликвидированных поселений, подходами в освоении природных ресурсов. В настоящее время для Кулундинской степи характерна фоновая форма природопользования, что зависит от зональных особенностей ландшафтов. Очаговая форма природопользования является результатом многоэтапного заселения и освоения территории, а линейная форма представлена транспортным типом, обеспечивая межрайонную и межгосударственную связь. В работе были использованы следующие **методы**: аналитический, геоинформационного картографирования, сравнительно-географический. **Результаты.** На территории Кулундинской степи в последние 120 лет получили развитие очаговая, фоновая, линейная, и позже – крупноочаговая и дисперсная формы природопользования. Особенности сложившейся системы природопользования зависели от совокупности социально-экономических факторов, политических решений и природно-ресурсного потенциала территории. Каждый этап заселения и освоения изучаемой территории отличается числом образованных и реорганизованных населенных пунктов, подходами в освоении природных ресурсов, составом форм и типов природопользования, приоритетностью их развития. **Выводы.** Проведенный комплексный анализ данных об этапах заселения и освоения территории Кулундинской степи позволил выявить основные тенденции в становлении и формировании форм, типов природопользования и, в целом, развития территориальной структуры природопользования, а также показал необходимость в модификации подходов к территориальной организации природопользования в условиях изменяющихся природно-климатических, социальных и экономических процессов, направлений аграрной политики с целью обеспечения устойчивого развития региона.

Ключевые слова: Кулундинская степь, территориальная организация природопользования, формы и типы природопользования, расселение.

Формат цитирования: Швецова Л. В., Мардасова Е. В., Рыгалов Е. В., Антюфеева Т. В. Территориальная организация природопользования в условиях Кулундинской степи (на примере Алтайского края) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2024. Т. 18. № 2. С. 103-114. DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-103-114. EDN: PHIMMK

Territorial Organization of Nature Management in the Kulunda Steppe Conditions (the Case of the Altai Territory)

© 2024 **Larina V. Shvetsova**✉[1], **Elena V. Mardasova**[1], **Evgeny V. Rygalov**[1], **Tatyana V. Antyufeeva**[2]

[1]Altai State University
Barnaul, Russia, shvetsova.lar@yandex.ru✉; mardasova_ev@mail.ru; rugalov@mail.ru
[2]Yugorsk State University
Khanty-Mansiysk, Russia, atv-08@mail.ru

ABSTRACT. The **aim** of the research is to form a territorial structure of natural use in conditions of Kulunda steppe (within the borders of the Altai Territory). Each selected stage of settlement and development of its territory is distinguished by the dynamics of formed and liquidated settlements, approaches to the natural resources development. Currently, the Kulunda Steppe is characterized by a background form of natural use, which depends on zonal features of landscapes. The main form of natural use is the result of multi-stage settlement and development of the territory, while the linear form is represented by a transport type, providing inter-district and inter-state communication. The following **methods** were used in the work: analytical, geo-information mapping, comparative geographic. **Results.** In the territory of the Kulunda Steppe in the last 120 years, the main, background and linear forms of natural use have been developed, and later – the large-scale and dispersed forms. The characteristics of the existing system of natural resources management depended on a combination of socio-economic factors, political decisions and the territory's natural resource potential. Each stage of settlement and development of the studied territory is distinguished by the number of formed and reorganized settlements, approaches in the exploitation of natural resources, composition of nature use forms and types, their development priority. **Conclusions.** The comprehensive analysis of data on the stages of settlement and development in the Kulunda steppe made it possible to identify the main trends in the formation and development of forms, nature management types, in general, the development of the nature management territorial structure, and also showed the need to modify approaches to the territorial organization of nature management in the context of changing natural and climatic, social and economic processes, directions of agricultural policy in order to ensure sustainable development in the region.

Keywords: Kulunda Steppe, territorial organization of nature management, forms and types of nature management, settlement.

For citation: Shvetsova LV, Mardasova EV, Rygalov EV, Antyufeeva TV. Territorial Organization of Nature Management in the Kulunda Steppe Conditions (the Case of the Altai Territory). *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2024;18(2):103-114. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-2-103-114. EDN: PHIMMK

Введение

Кулундинская степь (Кулундинская равнина) является территорией аграрного природопользования в условиях распространения степных зональных ландшафтов (в пределах четырех регионов Российской Федерации и Республики Казахстан). На ее территории в последние 120 лет получили развитие очаговая, фоновая, линейная, и позже – крупноочаговая и дисперсная формы природопользования. Особенности сложившейся системы природопользования зависели от совокупности социально-экономических факторов, политических решений и природно-ресурсного потенциала территории. Каждый этап заселения и освоения изучаемой территории отличается числом образованных и реорганизованных населенных пунктов, подходами в освоении природных ресурсов, составом форм и типов природопользования, приоритетностью их развития.

Кулундинская степь, как территория хозяйственного освоения, вызывает разносторонний интерес у исследователей в области землепользования, недропользования, водопользования, рекреационного освоения, природно-ресурсного потенциала.

Значительная часть научных работ посвящена организации и проблемам землепользования Кулунды. Например, геоэкологической оценке современного состояния системы землепользования в условиях формирования трансграничной территории «Кулунда» посвящены работы Т. Г. Плуталовой [1]; вопросам региональных систем аграрного природопользования, устойчивого землепользования, трансформации системы землепользования Российско-Казахстанского приграничья – работы Б. А. Краснояровой [2]. Задачи развития и внедрения адаптационных си-

стем землепользования и возможности восстановления степей решались в рамках Междисциплинарного проекта «Кулунда» [3]. Изучением рекреационного природопользования территории исследования занимались Д. А. Дирин и др. [4], Е. В. Мардасова [5] и др.

Значительное количество работ посвящено проблемам ведения хозяйственной деятельности на территории Кулундинской равнины в границах Алтайского края. Проблемы опустынивания отражены в исследованиях Е. Г. Парамонова [6] и др.

Несмотря на наличие значительного количества научных работ и многоаспектности рассматриваемых вопросов, в современных исследованиях не уделяется значительное внимание такому направлению, как территориальная организация природопользования в условиях Кулундинской степи. Поэтому вопрос формирования и развития территориальной структуры природопользования (его форм и типов) для территории исследования представляется актуальным [7].

Целью исследования является формирование территориальной структуры природопользования в условиях Кулундинской степи (в границах Алтайского края).

Задачи исследования: 1) провести комплексный анализ данных об этапах заселения и освоения территории исследования; 2) выявить основные тенденции в становлении и формировании форм и типов природопользования на каждом этапе заселения и освоения Кулундинской степи; 3) определить новые подходы к территориальной организации природопользования в пределах территории исследования с учетом изменяющихся природно-климатических условий, социальных и экономических процессов, направлений аграрной политики с целью обеспечения устойчивого развития региона.

Материалы и методы исследования

1. Аналитический метод применялся для комплексного анализа данных об этапах заселения и освоения территории исследования, становления и формирования территориальной структуры природопользования, основных тенденций в ее изменении.

2. Метод геоинформационного картографирования использовался в процессе создания картографического материала с помощью ГИС-приложения Mapinfo Professional. В качестве картографической основы были определены векторные слои современного административно-территориального деления Алтайского края и сеть населенных пунктов, что позволило локализовать образованные и ликвидированные населенные пункты и определить рисунок территориальной структуры природопользования на каждом этапе заселения и освоения Кулундинской степи, используя картографические источники за разные годы.

3. Сравнительно-географический метод использовался для сравнения территориальной структуры природопользования в разные этапы заселения и освоения территории исследования.

В работе использованы теоретические подходы Т. Г. Руновой и др. [8] к выделению форм и типов природопользования в границах изучаемой территории.

Результаты и их обсуждение

Кулундинская равнина – природная территория на юге Западно-Сибирской равнины. Располагается, главным образом, в пределах Алтайского края и Павлодарской области Казахстана, и небольшая ее часть – в Новосибирской области и Абайской области Казахстана. Для территории Кулундинской равнины характерно слабое развитие гидрографической сети, наличие бессточных озер (озерные системы – Карасукская, Бурлинская, Кулундинская, группа озер Танатар и др.) и распространение степных зональных ландшафтов.

В исследовании сделан акцент на отдельной части Кулундинской равнины, в границах шести муниципальных районов Алтайского края, территории которых соответствуют степной зональной области, Кулундинской физико-географической провинции (сухостепной и засушливо степной подпровинции) [9] (рис. 1). Такой выбор связан с тем, что в пределах территории исследования в последние 120 лет формировался первичный, а затем современный рисунок территориальной структуры природопользования. Развитие такой структуры синхронизировано с этапами заселения и освоения Кулундинской степи.



Рис. 1. **Территория исследования (в границах Алтайского края) [составлено авторами]**
Fig. 1. Research area (within the boundaries of the Altai Territory)

Таблица. **Этапы заселения и освоения территории в Кулундинской степи (на примере шести муниципальных районов Алтайского края) (составлено по материалам [10])**
Table. Settlement and development stages of the territory in the Kulunda steppe (using the example of six municipal districts of the Altai Territory) (according to materials [10])

Этапы заселения и освоения территории Stages of the territory settlement and development	**Образование населенных пунктов** Formation of settlements		**Ликвидация населенных пунктов** Liquidation of settlements	
	Период образования населенных пунктов Period of settlements formation	**Количество образованных населенных пунктов** Number of formed settlements	**Период ликвидации населенных пунктов** Period of settlements liquidation	**Количество ликвидированных населенных пунктов** Number of liquidated settlements
Первый этап	с 1743 (1756) по 1905 г. (по факту с 1756 по 1893 г.)	12	–	–
Второй этап	с 1906 по 1917 г. (по факту с 1907 по 1916 г.)	167	–	–
Третий этап	20-е гг. XX в. (по факту с 1919 по 1929 г.)	65	по факту в 1928 г.	6
Четвертый этап	30-е – 40-е гг. XX в. (по факту с 1937 по 1939 г., с 1943 по 1949 г.)	15	по факту с 1939 по 1945 г.	3
Пятый этап	50-е – 80-е гг. XX в. (по факту с 1954 по 1979 г.)	21	по факту с 1957 по 1989 г.	116
–	–	–	90-е гг. XX – начало XXI в. (по факту с 1999 по 2009 г.)	4

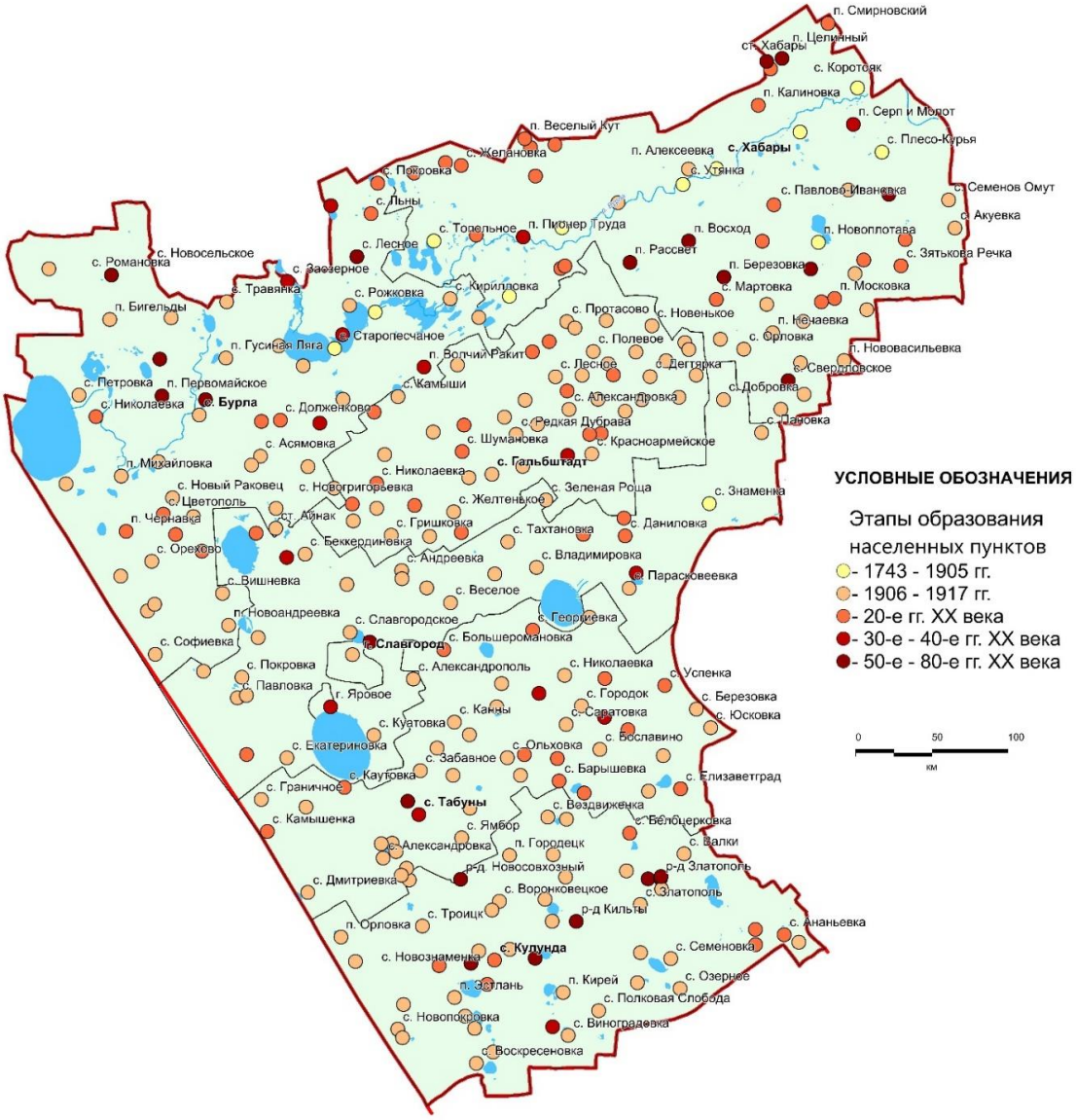


Рис. 2. **Этапы образования населенных пунктов в Кулундинской степи (в границах отдельных муниципальных районов Алтайского края) (составлено авторами по материалам [11; 12])**

Fig. 2. Stages of settlements formation in the Kulunda steppe (within the boundaries of individual municipal districts of the Altai Territory) (according to materials [11; 12])

Несмотря на контрастные природные условия, Кулундинская степь стала наиболее активно заселяться и осваиваться населением в конце XIX – начале XX в. В границах современного Алтайского края эти процессы, в целом, охватили северо-западную часть природной территории, что рассмотрено на примере Бурлинского, Табунского, Кулундинского, Немецкого, Хабарского муниципальных районов и муниципального округа Славгород.

Основными показателями процессов заселения и освоения стали образование населенных пунктов, а в советское время – развитие системы сельских населенных пунктов [10].

Синхронизация этапов заселения и освоения территории исследования, процессов образования и ликвидации населенных пунктов (табл.) позволила выявить становление и формирование очаговой формы природопользования (селитебного типа) как неотъемлемой части первичного и современного рисунков территориальной структуры природопользования.

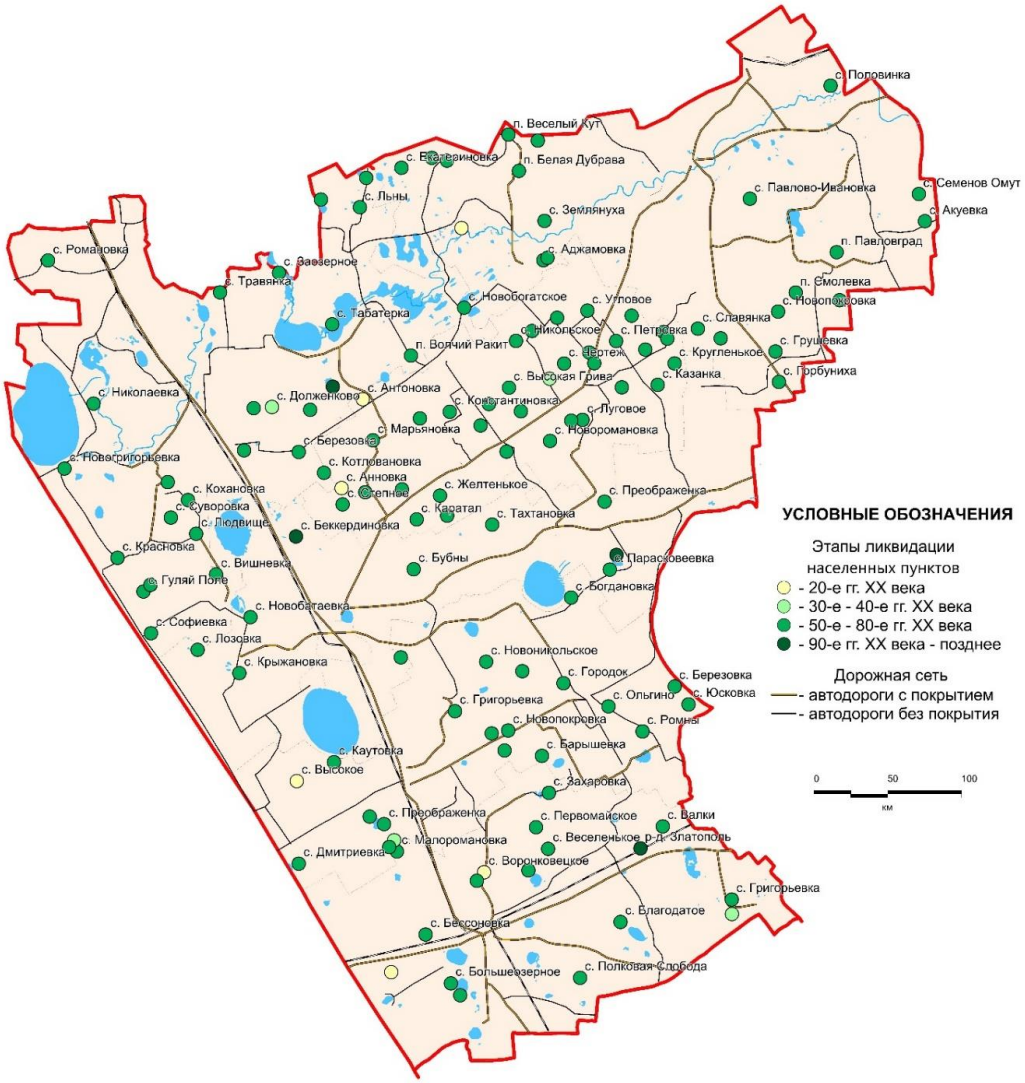


Рис. 3. **Этапы ликвидации населенных пунктов в Кулундинской степи (в границах отдельных муниципальных районов Алтайского края) (составлено авторами по материалам [11; 12])**

Fig. 3. Stages of settlements liquidation in the Kulunda steppe (within the boundaries of individual municipal districts of the Altai Territory) (according to materials [11; 12])

Этапы образования населенных пунктов на территории Кулундинской степи отражены на рисунке 2.

Комплексный анализ данных показывает, что в пределах территории исследования образование 280 поселений зависело от социально-экономических факторов, политики государства и особенностей природно-ресурсного потенциала. Первый этап заселения и освоения территории обусловлен добровольческим переселением из европейской части Российской империи, и отличается наименьшим количеством образованных населенных пунктов (4,3 % от общего количества поселений). Подавляющее большинство этих поселений территориально приурочены к ложбине древнего стока, в пределах которой находится Алеусский или Бурлинский ленточный сосновый бор (в границах современного Хабарского муниципального района). Для последующих этапов характерно активное заселение территории исследования и образование наибольшего количества населенных пунктов (95,7 % от общего количества поселений) в степной зоне. В отличие от других территорий (в границах Алтайского края), Кулундинская степь активно заселялась и осваивалась в ходе аграрной реформы П. А. Столыпина, расширения поселковой сети за счет организации ма-

лодворных поселений (выселки, заимки, хутора) и коллективных населенных пунктов, роста числа специализированных населенных пунктов (бараки, станции, будки, разъезды, поселения лесхозов, участки железной дороги, бакенные поселения), освоения целины и пр.

Этапы ликвидации населенных пунктов на территории Кулундинской степи отражены на рисунке 3.

Комплексный анализ данных показывает, что в пределах территории исследования процесс ликвидации населенных пунктов, в целом, соответствует общим тенденциям советского времени [11; 12].

На территории Кулундинской степи ликвидация населенных пунктов наиболее характерна для пятого (см. табл.) этапа (ликвидировано 46,1 % поселений от общего количества образованных), что связано с реорганизацией системы расселения: реструктуризацией коллективной хозяйственной сети (укрупнение колхозов, преобразованием колхозов в совхозы, реорганизация машинно-тракторных станций (МТС); ликвидацией «неперспективных» деревень, переходом от равномерного к очаговому расположению населенных пунктов.

Третий и четвертый (табл.) этапы заселения и освоения Кулундинской степи отличаются наименьшим количеством ликвидированных населенных пунктов (ликвидировано 3,2 % поселений от общего количества образованных). С 90-х гг. XX в. и позднее ликвидировано или упразднено 1,4 % поселений от общего количества образованных.

Синхронизация данных об образовании и ликвидации населенных пунктов показывает, что формируемая система населенных пунктов неоднократно подвергалась процессам реорганизации – ликвидации или упразднения. Очаговая форма природопользования (селитебный тип) стала основой для формирования первичного и современного рисунков территориальной организации природопользования в условиях Кулундинской степи.

В последние 120 лет в пределах территории исследования получили развитие такие формы природопользования, как очаговая, фоновая и линейная, а в советское время – крупноочаговая, дисперсная.

До 30-х гг. XX в. происходило становление очаговой, линейной, фоновой форм природопользования, что привело к формированию первичного рисунка территориальной структуры природопользования (очаговая форма – селитебный тип; линейная форма без четко выраженного транспортного типа; фоновая форма – сельскохозяйственный тип). Это было обусловлено факторами, отмеченными ранее. Дороги стали новыми линейными элементами, связывающими отдельные населенные пункты.

С 30-х гг. до конца 80-х гг. XX в. изменилась приоритетность в развитии форм природопользования (фоновая форма – сельскохозяйственный тип; крупноочаговая форма – промышленный тип; линейная форма – строительство автомобильных, железных дорог и введение их в эксплуатацию). Развитие транспортного типа линейной формы способствовало формированию современного рисунка территориальной структуры природопользования. Развитие отмеченных форм и типов природопользования обусловлено продолжающимся сельскохозяйственным освоением территории, появлением центров добычи минеральных ресурсов и переработки сельскохозяйственного сырья, началом эксплуатации пресных озер, богатых биологическими ресурсами (рыбой). Очаговая форма природопользования (селитебный тип) продолжала формироваться и зависела от факторов, отмеченных ранее.

Впервые в 1975 г. на территории исследования был создан государственный комплексный заказник краевого значения – Благовещенский (для сохранения природных комплексов озерно-степной Кулундинской равнины, мест естественного местообитания птиц, животных и растений степного и водно-болотного комплексов, охраны важнейшего в пределах края пути сезонных миграций птиц, а также мест их гнездования) [13]. Эта особо охраняемая природная территория стала первым объектом природоохранного типа дисперсной формы природопользования в условиях активного сельскохозяйственного освоения на территории Кулундинской степи.

С 80-х XX в. до наших дней современный рисунок территориальной структуры природопользования Кулундинской степи дополнен дисперсной формой природопользования – природоохранным и рекреационным типами.



Рис. 4. **Территориальная организация природопользования в условиях Кулундинской степи (в границах Алтайского края) (составлено авторами)**
Fig. 4. Territorial organization of nature management in the conditions of the Kulunda steppe (within the borders of the Altai Territory) (compiled by the authors)

Развитие природоохранного типа обусловлено дальнейшим созданием особо охраняемых природных территорий и объектов в условиях Кулундинской степи. Например, в 1989 г. образован государственный комплексный заказник краевого значения – Пеликаний, с целью сохранения экосистемы оз. Большое Кабанье, мест естественного обитания животных и растений водно-болотного комплекса, воспроизводства и сохранения птиц, а в 2015 г. – Хабарский заказник, с целью сохранения изолированного участка ленточного соснового бора (остатка Алеусской или Бурлинской ленты), мест естественного обитания и воспроизводства животных, пополнения прилегающих к заказнику охотничьих угодий охотничьими ресурсами. В 1998 г. созданы два памятника природы краевого значения – «Сообщество галофитов побережья озера Бурлинского» с целью охраны типичных биогеоценозов в естественном состоянии и «Родник Степной Ключ» – сохранение источника у берега оз. Большое Яровое [14]. Становление рекреационного типа связано с появлением детских оздоровительных лагерей, профилакториев, санатория, мест организованного и неорганизованного отдыха населения.

Современный рисунок территориальной структуры природопользования Ку-

лундинской степи (рис. 4) отражает пять этапов (см. табл.) заселения и освоения территории исследования.

Фоновая форма природопользования преобладает по площади по сравнению с другими формами, что зависит от зональных особенностей ландшафтов, которые являются основой для развития сельскохозяйственного типа. Наличие каштановых почв позволяет развивать растениеводство (выращивание зерновых, технических и кормовых культур). Животноводство специализируется на производстве мяса и молока, где основными отраслями являются свиноводство, овцеводство, коневодство и выращивание крупного рогатого скота. Развитие рыболовства связано с наличием пресных водоемов (озер). Из-за распространения степных зональных ландшафтов в пределах территории Кулундинской степи, лесохозяйственный тип данной формы природопользования представлен отдельными лесными участками Знаменского и Панкрушихинского лесничеств, соответствующих березовым колкам и Алеусскому (Бурлинскому) ленточному сосновому бору. Поэтому на рисунке 4 земли лесохозяйственного назначения отражены локально.

Очаговая форма природопользования является результатом многоэтапного заселения и освоения Кулундинской степи. Селитебный тип развит во всех муниципальных районах в границах территории исследования. Промысловый тип ограничен по площади распространения из-за высокой степени распашки территории от 70 до 92 %, поэтому не отражен на рисунке 4. Этот тип природопользования сформировался только в Бурлинском и Хабарском муниципальных районах из-за перевода сельскохозяйственных земель под лесные угодья, в земли лесного фонда [15].

Линейная форма природопользования представлена транспортным типом, обеспечивая связь между населенными пунктами и районными центрами, соседними районами и регионами как Российской Федерации, так и Республики Казахстан. Основными транспортными магистралями является участок Южно-Сибирской железной дороги по двум направлениям (Барнаул – Кулунда – Павлодар и Карасук – Кулунда – Малиновое Озеро) и автомобильные дороги федерального, регионального, межмуниципального значения. Становление и формирование транспортного типа линейной формы природопользования ранее зависело от этапов образования и ликвидации или упразднения населенных пунктов, а в наше время – от социально-экономических факторов (экономической целесообразности в их обслуживании и эксплуатации).

В границах территории исследования линейная форма природопользования представлена полезащитными лесными полосами и двумя государственными защитными лесными полосами, которые имеют важное экономическое (для сельского хозяйства) и экологическое (для сохранения природных степных ландшафтов и поддержания устойчивости в природно-антропогенных комплексах) значение. Выделение этих лесных полос в составе отмеченной формы природопользования является дополнением к территориальной структуре природопользования объекта исследования, что связано с их значением для сельского хозяйства и выполняемой транзитной функцией.

Крупноочаговая форма природопользования представлена промышленным типом. Предприятия, добывающие минеральное сырье, сосредоточены около озер, богатых поваренной и глауберовой солью. Продукцию сельского хозяйства перерабатывают предприятия мукомольной, хлебопекарной, мясной, молочной, маслодельной отраслей пищевой промышленности.

Дисперсная форма природопользования является самой молодой на территории Кулундинской степи и представлена природоохранным и рекреационным типами. Природоохранный тип представлен тремя заказниками и двумя памятниками природы краевого значения. Рекреационный тип природопользования формируется за счет органно-минеральных, биологических ресурсов соленых, горько-соленых и пресных озер, а в Хабарском муниципальном районе – наличия соснового ленточного бора. Организованные объекты рекреации представлены детскими оздоровительными лагерями, базами отдыха, профилакториями, лечебно-реабилитационным центром, санаторием. Неорганизованные объекты рекреации расположены, как правило, около озер,

что, в свою очередь, отражается на их экологическом состоянии.

Заключение

Проведенный комплексный анализ данных об этапах заселения и освоения территории Кулундинской степи позволил выявить основные тенденции в становлении и формировании форм, типов природопользования и, в целом, развития территориальной структуры природопользования.

Наименьшее количество населенных пунктов образовалось во время первого переселенческого этапа (4,3 % от общего количества поселений), а наибольшее количество – в последующие этапы (95,7 % от общего количества поселений). Второй и третий этапы заселения и освоения Кулундинской степи отличаются активным процессом становления и формирования очаговой формы природопользования (селитебного типа) как неотъемлемой части первичного и современного рисунков территориальной структуры природопользования. В отмеченные этапы образовалось 82,9 % населенных пунктов от общего количества поселений. Ликвидация населенных пунктов в границах изучаемой территории наиболее характерна для пятого этапа (ликвидировано 46,1 % поселений от общего количества образованных).

До 30-х гг. XX в. для территории исследования характерно становление очаговой, линейной, а затем фоновой форм природопользования, что сформировало первичный рисунок территориальной структуры природопользования, представленный селитебным, транспортным, сельскохозяйственным типами.

С 40-х гг. XX в. приоритетность в развитии форм природопользования изменяется в сторону фоновой и крупноочаговой форм, что способствовало формированию современного рисунка территориальной структуры природопользования, представленной фоновой формой – сельскохозяйственным типом, крупноочаговой формой – промышленным типом. Сократилась площадь распространения очаговой формы (селитебного типа) за счет многократной реорганизации системы расселения. Линейная форма формировалась поэтапно и была представлена транспортным типом.

С середины 70-х гг. XX в. в пределах Кулундинской степи началось становление дисперсной формы природопользования (природоохранный и рекреационный типы) за счет образования особо охраняемых природных территорий и рекреационного освоения озер. Развитие рекреации связано с возможностями территории для организации санаторно-курортного лечения и лечебно-оздоровительного туризма на базе профилакториев, реабилитационных центров и санатория.

В начале XXI в. сформированная территориальная структура природопользования стала отражать результаты многоэтапного заселения и освоения территории, экстенсивного и интенсивного природопользования в условиях сухой степи.

Анализ результатов хозяйственного освоения Кулундинской степи (в границах Алтайского края) показывает необходимость в изменении подходов к территориальной организации природопользования в условиях изменяющихся природно-климатических, социальных и экономических процессов, направлений аграрной политики с целью обеспечения устойчивого развития региона.

Список источников

1. Плуталова Т. Г. Мониторинг системы землепользования трансграничной территории «Кулунда» по данным дистанционного зондирования Земли // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2018. № 1(48). С. 62–66. EDN: XNAGDR

2. Красноярова Б.А. Географические основы устойчивого развития аграрного природопользования в Сибирских регионах: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Барнаул, 2005. 51 с. EDN: NIJXDX

3. Понькина Е., Беляев В., Боварова М., Прищепов А., Майнель Т., Бугай Ю., Ковалева И., Кожанов Н., Казарджян М., Фрюауф М. Экономиче-

References

1. Plutalova TG. The monitoring of the land use system of the transboundary territory "Kulunda", using earth observation data. *Bulletin of the Altay Branch of the Russian Geographical Society.* 2018;1(48):62–66. (In Russ). EDN: XNAGDR

2. Krasnoyarova BA. Geographical foundations of sustainable development in agricultural nature management in the Siberian regions: Author's abstract of Dr. Sci. (Geography) diss. Barnaul, 2005:51. (In Russ). EDN: NIJXDX

3. 3. Ponkina E, Belyaev V, Bovarova M, Prishchepov A, et al. Economic, environmental,

ские, экологические, технологические факторы и результаты деятельности сельскохозяйственных предприятий в условиях Кулундинской степи: коллективная монография. Барнаул: Алтайский государственный университет, 2014. 140 с.

4. Дирин Д. А., Крупочкин Е. П., Рыгалов Е. В. Геоинформационная оценка туристско-рекреационного потенциала степных территорий (на примере Кулундинской степи) // Интеркарто. ИнтерГИС. 2017. Т. 23. № 2. С. 89-103. DOI: 10.24057/2414-9179-2017-2-23-89-103. EDN: WRNYOH

5. Мардасова Е. В., Козырева Ю. В. Географический анализ туристско-рекреационного потенциала территории Бурлинского района Алтайского края // Современные тенденции пространственного развития и приоритеты общественной географии: материалы международной научной конференции (Барнаул, 12-19 сентября 2018 г.). Барнаул, 2018. С. 109-117.

6. Парамонов Е. Г., Ишутин Я. Н., Симоненко А. П. Кулундинская степь: проблемы опустынивания. Барнаул: Алтайский государственный университет, 2003. 137 с. EDN: WVZNGH

7. Старова И. В., Швецова Л. В. Территориальная структура природопользования в пределах ленточных лесов Алтайского края (на примере отдельных муниципальных районов) // Природопользование и охрана природы: охрана памятников природы, биологического и ландшафтного разнообразия Томского Приобья и других регионов России: Материалы IX Всероссийской с Международным участием научно-практической конференции (Томск, 21-23 апреля 2020 г.). Томск, 2020. С. 370-375.

8. Рунова Т. Г., Волкова И. Н., Нефедова Т. Г. Территориальная организация природопользования: монография. М.: Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр "Наука", 1993. 208 с. EDN: UIGMSS

9. Цимбалей Ю. М. Ландшафтная карта Алтайского края. М 1:500 000. Барнаул: Институт водных и экологических проблем СО РАН, 2016. 2 с. EDN: URXBVW

10. Баландин А. Г. Развитие системы сельских населенных пунктов на территории Алтайского края в советский период // Известия Алтайского государственного университета. 2008. № 4-1(60). С. 10-13. EDN: KXOGLZ

11. Список населенных мест Сибирского края. Т. I округа Юго-западной Сибири. Новосибирск, 1928. URL: https://sun.tsu.ru/mminfo/000245182/ (дата обращения: 14.06.2024).

12. Булыгин Ю. С. Список населенных пунктов Алтайского края: справочник. Барнаул, 2000. 237 с.

technological factors and results of agricultural enterprises in the Kulunda steppe: collective monograph. Barnaul: Altai State University, 2014:140. (In Russ)

4. Dirin DA, Krupochkin EP, Rygalov EV. GIS-assessment of tourist-recreational potential of steppe territories (the case study of Kulunda steppe). *InterCarto. InterGIS.* 2017;23(2):89-103. (In Russ). DOI: 10.24057/2414-9179-2017-2-23-89-103. EDN: WRNYOH

5. Mardasova EV, Kozyreva YuV. Geographical analysis tourist-recreational capacity of the territory Burlinsky Region of Altai Krai. *Modern Trends in Spatial Development and Priorities of Social Geography: Proceedings of the International Scientific Conference (Barnaul, September 12-19, 2018).* Barnaul, 2018:109-117. (In Russ)

6. Paramonov EG, Ishutin YaN, Simonenko AP. Kulunda steppe: issues of desertification. Barnaul: Altai State University, 2003:137. (In Russ). EDN: WVZNGH

7. Starova IV, Shvetsova LV. Territorial structure of nature management within the ribbon forests of the Altai Territory (on the example of individual municipal districts). *Nature Management and Nature Conservation: Protection of Natural Monuments, Biological and Landscape Diversity of the Tomsk Ob Region and Other Regions of Russia: Proceedings of the 9th All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation (Tomsk, April 21-23, 2020).* Tomsk, 2020:370-375. (In Russ)

8. Runova TG, Volkova IN, Nefedova TG. Territorial organization of nature management: monograph. Moscow: Academic scientific publishing, production, printing and book distribution center "Nauka", 1993:208. (In Russ). EDN: UIGMSS

9. Tsymbaley YuM. Landscape map of the Altai Territory. M 1:500 000. Barnaul: Institute of Water and Environmental Problems SB RAS, 2016. 2 p. EDN: URXBVW

10. Balandin AG. The development of countrysides system on the Altai Region territory in the USSR period. *Bulletin of Altai State University.* 2008;4-1 (60):10-13. (In Russ). EDN: KXOGLZ

11. List of populated areas of the Siberian Territory. Vol. 1. Okrug of South-Western Siberia. Novosibirsk, 1928. URL: https://sun.tsu.ru/mminfo/000245182/ (accessed 14.06.2024). (In Russ).

12. Bulygin YuS. List of settlements in the Altai Territory: Reference book. Barnaul, 2000:237. (In Russ).

13. Blagoveshchensky Nature Reserve. Ministry of Natural Resources and Environment of the Altai Territory: official website. URL: https://minprirody.alregn.ru/directions/prirodnye_resursy/oopt/zakazniki/blagoveshhenskij_zak

13. Благовещенский заказник // Министерство природных ресурсов и экологии Алтайского края: официальный сайт. URL: https://minprirody.alregn.ru/directions/prirodnye_resursy/oopt/zakazniki/blagoveshhenskij_zakaznik/ (дата обращения: 14.06.2024).

14. Родник степной ключ // Министерство природных ресурсов и экологии Алтайского края: официальный сайт. URL: https://minprirody.alregn.ru/directions/prirodnye_resursy/oopt/ooptAK/pamjatniki_prirody/pamjatniki_prirody_kraevogo_znachenija/stepnoj_klyuch/ (дата обращения: 14.06.2024).

15. О переводе земельных участков в границах Хабарского района Алтайского края из категории земель сельскохозяйственного назначения в категорию земель лесного фонда: Постановление Администрации Алтайского края № 403 от 25.09.2008 г. URL: https://base.garant.ru/7323444/ (дата обращения: 14.06.2024).

13. Blagoveshchensky Zakaznik // Ministry of Natural Resources and Environment of the Altai Territory: official website. URL: https://minprirody.alregn.ru/directions/prirodnye_resursy/oopt/zakazniki/blagoveshhenskij_zakaznik/ (accessed 14.06.2024). (In Russ).

14. Stepnoy Klyuch Spring. Ministry of Natural Resources and Environment of the Altai Territory: official website. URL: https://minprirody.alregn.ru/directions/prirodnye_resursy/oopt/ooptAK/pamjatniki_prirody/pamjatniki_prirody_kraevogo_znachenija/stepnoj_klyuch / (accessed 14.06.2024). (In Russ).

15. On the land plots transfer within the boundaries of the Khabarsk District in the Altai Territory from the category of agricultural land to the category of forest land: Resolution of the Altai Territory Administration No. 403 of September 25, 2008. URL: https://base.garant.ru/7323444/ (accessed 14.06.2024). (In Russ).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Швецова Ларина Валерьевна, кандидат географических наук, доцент кафедры природопользования и геоэкологии, Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия, shvetsova.lar@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-4325-767X

Мардасова Елена Владимировна, старший преподаватель кафедры экономической географии и картографии, Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия, mardasova_ev@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-5755-7983

Рыгалов Евгений Владимирович, старший преподаватель кафедры экономической географии и картографии, Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия, rugalov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-4138-1212

Антюфеева Татьяна Валерьевна, кандидат географических наук, доцент высшей экологической школы, Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия, atv-08@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-4556-0752

Критерии авторства

Швецова Л. В., Мардасова Е. В., Рыгалов Е. В., Антюфеева Т. В. внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 04.06.2024
Одобрена после рецензирования 21.06.2024
Принята к публикации 24.06.2024

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Larina V. Shvetsova, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Environmental Management and Geoecology, Altai State University, Barnaul, Russia, shvetsova.lar@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-4325-767X

Elena V. Mardasova, Senior Lecturer, Department of Economic Geography and Cartography, Altai State University, Barnaul, Russia, mardasova_ev@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-5755-7983

Evgeny V. Rygalov, Senior Lecturer, Department of Economic Geography and Cartography, Altai State University, Barnaul, Russia, rugalov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-4138-1212

Tatyana V. Antyufeeva, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Higher Ecological School, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, atv-08@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-4556-0752

Contribution of the authors

Shvetsova L. V., Mardasova E. V., Rygalov E. V., Antyufeeva T. V. made equivalent contributions to the publication.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 04.06.2024
Approved after reviewing 21.06.2024
Accepted for publication 24.06.2024

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция принимает на рассмотрение научные статьи. Представляемые материалы должны быть оформлены в соответствии с настоящими Правилами и соответствовать тематической направленности журнала «**Известия Дагестанского государственного педагогического университета**».

Верстка журнала осуществляется с электронных копий. Используется компьютерная обработка штриховых и полутоновых (в градациях серого) рисунков. Журнал изготавливается по технологии ризографной печати.

1. Текст статьи набирается в редакторе MS Word (с расширением .doc) шрифтом "Times New Roman" размером 14 через интервал 1,5 в формате А4. Поля текста стандартные. Все страницы должны быть пронумерованы.

2. Перед текстом статьи указываются:

индекс УДК (информацию о классификаторе УДК см. на сайтах http://teacode.com/ online/udc/ или http://www.udcc.org/) (на русском языке);

название статьи (на русском и английском языках);

фамилии и инициалы авторов, название учреждения, город, страна, эл. почта (на русском и английском языках);

резюме статьи объемом 10-15 строк, которое не должно дублировать вводный или заключительный раздел статьи (на русском и английском языках) и должно включать: цель, методы, результаты, выводы;

ключевые слова (5-10) (на русском и английском языках).

3. Изложение материала должно быть ясным и по возможности кратким. Текст и остальной материал следует тщательно выверить. Текст статьи должен быть структурирован, т. е. содержать цель исследования, материал и методы исследования, результаты и их обсуждение, заключение (выводы). Рукописи, направляемые в журнал, являются оригиналом для печати и должны являться материалом, не публиковавшимся ранее в других печатных изданиях.

4. Статьи, в которых отражаются результаты исследования, должны полностью отвечать требованиям, предъявляемым к их представлению.

5. Рисунки создаются в формате .jpg, вставляются непосредственно в текст и нумеруются в порядке их упоминания в тексте.

6. В тексте статьи все формулы набираются в редакторе Microsoft Equation 3.0, таблицы – в формате MS Word. Таблицы нумеруются в порядке их упоминания в тексте. Каждая таблица перед своим появлением должна упоминаться в тексте, например, «... (табл. 1).».

Сокращения в надписях не допускаются.

Наличие данных, по которым строится график, диаграмма.

В тексте статьи обязательно должны содержаться ссылки на иллюстративные материалы.

7. Ссылка на цитату указывается сразу после нее в квадратных скобках: сначала проставляется номер источника цитаты из пристатейного библиографического списка, затем, после запятой, номер страницы с буквой с. Например, [10, с. 81] или, если цитируемый текст переходит на следующую страницу, [10, с. 81-82]. За достоверность цитат ответственность несет автор!

8. Список литературы (с указанием всех авторов) дается в конце статьи, нумеруется (начиная с первого номера, в порядке цитирования), предваряется словом «Список источников» и оформляется согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008 (на русском, английском языках). В список литературы не включаются неопубликованные работы и учебники. Автор несет ответственность за правильность данных, приведенных в пристатейном библиографическом списке.

Перечень использованных источников должен начинаться с фамилии и инициалов автора и включать:

для книг – название, место и год издания, издательство, номер тома, страницы;

для журнальных статей – название журнала, год издания, номер тома (выпуска), страницы;

для газет – название, год, месяц, число.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

9. В конце статьи может быть указана организация (№ гранта), финансировавшая выполнение данной работы.

10. К статье прилагаются сведения об авторах на русском и английском языках:

для работников вузов/учебных организаций: Ф.И.О. полностью, ученое звание, занимаемая должность место работы (кафедра, факультет, вуз), город, страна; электронный адрес, контактные телефоны;

для аспирантов и соискателей: название кафедры, лаборатории, где проводится исследование, Ф.И.О. научного руководителя и его разрешение к публикации, город, страна; электронный адрес, контактные телефоны.

11. Статья должна быть представлена в электронном виде (в редакционно-издательский отдел ДГПУ или электронной почтой dgpurio@yandex.ru), а также в печатном варианте (в 2-х экземплярах на одной стороне листа формата А4), подписанном всеми авторами, для аспирантов и соискателей – и научным руководителем.

Решение о публикации статьи или материала принимается редколлегией журнала. При наличии замечаний к рукописи она возвращается для доработки. Редакция оставляет за собой право отправить рукописи статей на независимую экспертизу. При публикации статьи авторские права передаются редакции журнала.

Редакция оказывает платные услуги научного и технического редактирования текста статьи, перевода библиографического списка (References), аннотации и ключевых слов на английский язык.

ОБЪЯВЛЕНА ПОДПИСКА

на ЖУРНАЛ
«ИЗВЕСТИЯ ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА»

ПО КАТАЛОГУ «ПОЧТА РОССИИ»
ИНДЕКС
51323 – ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ
51392 – ОБЩЕСТВЕННЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ
31173 – ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПО ОБЪЕДИНЕННОМУ КАТАЛОГУ «ПРЕССА РОССИИ»
ИНДЕКС
38653 – ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ
38657 – ОБЩЕСТВЕННЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ
38652 – ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научный журнал

Известия Дагестанского государственного педагогического университета
серия «Естественные и точные науки»
Т. 18. № 2. 2024

Главный редактор: *З. В. Атаев*
Технический редактор: *Д. К. Сфиева*
Редактор: *Г. Н. Мирзоева*
Редактор английских текстов: *Г. Н. Мирзоева*
Компьютерная верстка: *М. А. Сулейманова*

Оригинал-макет подготовлен на базе
редакционно-издательского отдела ДГПУ

Адрес редакции, издателя: 367000 РД, г. Махачкала, ул. Магомеда Ярагского, 57.
Редакционно-издательский отдел ДГПУ
Тел.: (8722)561252; http://dagnat.elpub.ru; e-mail: dgpurio@yandex.ru

Формат 60x84$^{1}/_{8}$. Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
Усл. печ. л. 13,72. Уч.-изд. л. 9,3. Тираж 500 экз. Заказ № 2443. Цена 416 руб.

Адрес типографии: 367003 РД, г. Махачкала, ул. Сулеймана Стальского, 50

ELSEVIER

Scopus

ASEP
Association of Science Editors and Publishers

Elsevier, The Netherlands
Scopus Content Selection Advisory Board (CSAB)
Association of Science Editors and Publishers, Russia
Russian Content Selection Advisory Board (RCSAB)

CERTIFICATE
OF ATTENDANCE

GIVEN OUT TO SCIENTIFIC PERIODICAL

Известия ДФЕИ.
Серия "Естественные и точные Науки"

to confirm the attendance and presentation to the joint Scopus CSAB and Russian RCAB meeting.
At this meeting, compliance with international standards and selection criteria of the Scopus database, were discussed by experts of Scopus CSAB and Russian RCAB. This meeting took place during the 5th International Scientific and Practical Conference «World-Class Scientific Publication - 2016: Publishing Ethics, Peer-Review and Content Preparation»
(May 17, 2016 – May 20, 2016)

May 17-20, 2016

RANEPA
Moscow, Russia

K. Holland

Karen Holland
Scopus CSAB Subject Chair

ЗНАК КАЧЕСТВА
АНРИ

Kirillova

Olga V. Kirillova
Russian CSAB Chair, president ASEP

Журнал индексируется в библиометрических базах и размещается на платформах:



ISSN 1995-0675

Известия ЮФУ. Серия «Естественные и точные науки». Т. 18, № 2, 2024