

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

Т. 17. № 3. 2023

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

Учредитель журнала:
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Дагестанский государственный
педагогический университет».
Издается по решению ученого совета
ДГПУ 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, начальник управления научных исследований 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;
- 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;
- Мухабатов Холназар Мухабатович**, д-р геогр. наук, проф. кафедры методики преподавания географии и туризма ТГПУ им. Садриддина Аини, Душанбе, Таджикистан;
- Омарова Наида Омаровна**, д-р физ.-мат. наук, проф., зам. директора по науке Института национального 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. Кирилла Охридского, София, Болгария;
- Талтенов Абзал Ахатович**, д-р хим. наук, проф., ректор АтГУ им. Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан;
- Темботова Фатимат Аслабиевна**, 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;
- Хоссейин 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;
- Элизабарашвили Нолад Константинович**, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. региональной географии и ландшафтного планирования ТГУ им. И. Джавахишвили, Тбилиси, Грузия;
- Эминов Закир Нанин 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, начальник управления научных исследований ДГПУ им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия – председатель;
- Абдусаматов Ахма Саидбекович**, д-р биол. наук, проф., директор Каспийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства;
- Асадулаев Загирбек Магомедович**, д-р биол. наук, проф., директор Горного ботанического сада ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
- Беликов Михаил Юрьевич**, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. международного туризма и менеджмента, директор Института географии, геологии, туризма и сервиса КубГУ, Краснодар, Россия;
- Братков Виталий Викторович**, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. географии МГУИИ, Москва, Россия;
- Булаева Нуржиган 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;

Номер журнала поступил в печать 27.09.2023 г.
Дата выхода в свет 29.09.2023 г.

- Гасаналиев Абдулла Магомедович**, д-р хим. наук, проф. каф. химии, директор Научно-исследовательского института общей и неорганической химии ДГПУ им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия;
- Гафуров Малик Магомедович**, д-р физ.-мат. наук, руководитель АЦКП ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
- Гуля Алексей Николаевич**, д-р геогр. наук, проф. каф. физической географии мира и геоэкологии МГУ им. М. В. Ломоносова; ст. науч. сотр. отдела физической географии и проблем природопользования, Институт географии РАН, Москва, Россия;
- Гусейнов Ризван Меджидович**, д-р хим. наук, проф. кафедры химии ДГПУ, Махачкала, Россия;
- Идрисов Идрис Абдулбутаевич**, канд. геогр. наук, вед. науч. сотр. лаборатории гидрогеологии и геоэкологии Института геологии ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
- Исманлов Эльдар Шафиевич**, д-р биол. наук, проф. каф. химии ДГТУ, Махачкала, Россия;
- Калов Ризван Османович**, д-р геогр. наук, проф. каф. экономики АПК, КБГАУ им. В. М. Кокова, Нальчик, Россия;
- Кличанов Нисред Кадилович**, 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;
- Куропат 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;
- Луговой Александр Михайлович**, д-р геогр. наук, проф. каф. географии МИИГАиК, Москва, Россия;
- Лупейко Тимофей Григорьевич**, д-р хим. наук, проф., зав. каф. общей и неорганической химии ЮФУ, Ростов-на-Дону, Россия;
- Лысенко Алексей Владимирович**, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. физической географии и кадастров Института наук о Земле СКФУ, Ставрополь, Россия;
- Магомедова Манади Ахмеднабиевна**, канд. биол. наук, доц., зав. каф. биологии, экологии и методики преподавания ДГПУ им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия;
- Маммаев Омар Ахмедович**, д-р геол.-минерал. наук, проф., зав. лаб. геотермальных ресурсов Института проблем геотермии ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
- Мелкий Вячеслав Анатольевич**, д-р техн. наук, вед. науч. сотр. лаборатории вулканологии и вулканопасности Института морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия;
- Мудуев Шахмардан Ситтикович**, д-р геогр. наук, проф. каф. географии и методики преподавания ДГПУ; вед. науч. сотр. Научно-исследовательского института управления, экономики, политики и социологии ДГУИХ, Махачкала, Россия;
- Погорелов Анатолий Валерьевич**, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. геоинформатики КубГУ, Краснодар, Россия;
- Рабазанов Нухади 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 Шамсуудинович**, 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;
- Тесленко 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.

© Авторы статей, 2023

© Дагестанский государственный педагогический университет, 2023

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://dgrpu.net/ru/>; e-mail: dgrpurio@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
JOURNAL
Natural and Exact Sciences

Vol. 17. No. 3. 2023

The journal is included into the List of leading reviewed scientific journals and publications, where main scientific results of dissertations on applying for scientific degree of Doctor of Sciences, applying for scientific degree of Candidate of Sciences should be published according to the following scientific specialties and their respective branches of science:

1.4.1 – Inorganic Chemistry (Chemical Science); 1.4.3 – Organic Chemistry (Chemical Science);
1.4.4 – Physical Chemistry (Chemical Science); 1.6.1 – General and Regional Geology. Geotectonics and Geodynamics (Geological and Mineralogical Sciences); 1.6.12 – Physical Geography and Biogeography, Soil Geography and Landscape Geochemistry (Geographical Science); 1.6.13 – Economic, Social, Political and Recreational Geography (Geographical Science); 1.6.15 – Land Management, Cadastre and Land Monitoring (Geographical Science);
1.6.20. Geoinformatics, Cartography (Geographical Science); 1.6.21 – Geoecology (Geographical Science)

The journal is founded by:

“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.

Registered by Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media.

Registration certificate ПИИ № 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, Head of the Department of Scientific Research, Gamzatov DSPU, Makhachkala, Russia – Chief Editor;
Askhabov Askhab M., Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Director of Institute of Geology, Chairman of the Presidium of Komi Science Centre of the Ural branch, RAS, academician of RAS, Syktyvkar, Russia;
Ismailov Chingiz N., Doctor of Geography, Professor, Department of Economic and Social Geography, Baku State University, Baku, Azerbaijan;
Kanbetov Asylbek Sh., Ph.D. (Biology), Professor, Director of Caspian Research Institute, Atyrau University of Oil and Gas, Atyrau, Kazakhstan;
Kerimov Ibragim A., Doctor of Physics and Mathematics, Vice-President of ASChR, Academician of ASChR, Grozny, Russia;
Magomedov Magomed-Rasul D., Doctor of Biology, Professor, Chief Researcher, laboratory of Animals' Ecology, PIBR DFRC RAS, Corresponding Member of RAS, Makhachkala, Russia;
Mintsaevo 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 Rumén 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. Javakishvili 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, Head of the Department of Scientific Research, Gamzatov DSPU, Makhachkala, Russia – Chairman;
Abdusamadov Akhmed 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, 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, 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 Rizvan 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;
Kurolov 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;
Lupevko 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, 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, Department of Geography and Teaching Methods, DSPU; 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, DSPU, Makhachkala, Russia;
Talanov Valery M., Doctor of Chemistry, Professor, Head of the Department of General and Inorganic Chemistry, SKSPU (NPI), Novocheboksarsk, 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 27.09.2023
Published 29.09.2023

© Authors of the articles, 2023
© Dagestan State Pedagogical University, 2023

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

<i>Лобанова О. В., Рязин С. Н., Косенкова О. В., Шайдабекова М. З.</i> СРАВНЕНИЕ СВОЙСТВ ЭНТЕРОСОРБЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ АДСОРБЦИИ ИЗ РАСТВОРОВ КАТИОНОВ МЕДИ И КОБАЛЬТА	5
---	---

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Гаджиева Г. М., Расулов А. И., Даудова Р. Д.</i> АМИНОКИСЛОТЫ КАК СТИМУЛЯТОРЫ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ОГУРЦА СОРТА «ПАЛЬЧИК»	11
<i>Джигерова Ф. М.</i> К ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ОСОБЕННОСТЯМ ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПТИЦ НА УЧАСТКЕ «САРЫКУМСКИЕ БАРХАНЫ» ДАГЕСТАНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА	17

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

<i>Баскакова А. Г., Козлов А. Т., Мазуров Г. И.</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПОДХОДОВ К ОСВОЕНИЮ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЮ НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ	24
<i>Борисов В. Н., Новиков А. Н.</i> РЕЖИМЫ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПО КЛЮЧЕВЫМ МАГИСТРАЛЯМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА ЧИТЫ	32
<i>Корецкий Н. А., Бевз В. Н.</i> МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	41
<i>Седищева А. В., Новиков А. Н.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР В СИСТЕМЕ РЕНТНЫХ ОТНОШЕНИЙ КРАТКОСРОЧНОЙ АРЕНДЫ ЖИЛЬЯ.....	56
<i>Сутормина Э. Н., Турун П. П., Полушковский Б. В.</i> ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ЦЕНОВОГО ЗОНИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКОГО ОКРУГА ГОРОД ГРОЗНЫЙ	64
<i>Тайсумов М. А., Магомадова Р. С., Астамирова М. А.-М., Атаев З. В., Дудагова Э. Ш.</i> ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ КСЕРОФИТОВ ФЛОРЫ РОССИЙСКОГО КАВКАЗА	72
<i>Тесленок С. А., Калашишникова Л. Г., Муштайкин А. П.</i> ПОДГОТОВКА МАТЕРИАЛОВ ГЕОИНФОРМАЦИОННО-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ АРАЛЬСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.....	88
<i>Титов А. А., Биктимирова Н. М., Братков В. В.</i> РАЗРАБОТКА КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ОКИ.....	106

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	121
----------------------------------	------------

CONTENTS

CHEMICAL SCIENCES

<i>Lobanova O. V., Ryagin S. N., Kosenkova O. V., Shaydabekova M. Z.</i> COMPARISON OF THE ENTEROSORBENTS PROPERTIES USING THE EXAMPLE OF ADSORPTION FROM SOLUTIONS OF COPPER AND COBALT CATIONS.....	5
---	---

BIOLOGICAL SCIENCES

<i>Gadzhieva G. M., Rasulov A. I., Daudova R. D.</i> AMINO ACIDS AS STIMULATORS FOR SEED GERMINATION OF PALCHIK CUCUMBER VARIETY	11
<i>Dzhigerova F. M.</i> ECOLOGICAL FEATURES FOR THE NESTING POPULATION OF SOME BIRD SPECIES AT THE “SARYKUM DUNE” SITE OF THE DAGESTAN RESERVE.....	17

EARTH SCIENCE

<i>Baskakova A. G., Kozlov A T., Mazurov G. I.</i> INTEGRATED APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF WATER RESOURCES AND WATER USE IN THE VORONEZH REGION	24
<i>Borisov V. N., Novikov A. N.</i> TRAFFIC MODES ALONG KEY HIGHWAYS IN THE CENTRAL PART OF CHITA CITY	32
<i>Koretsky N. A., Bevz V. N.</i> METHODOLOGICAL ISSUES OF THE GULLY EROSION PROBABILITY MODELS IN THE CENTRAL BLACK EARTH REGION USING MACHINE LEARNING.....	41
<i>Sedishcheva A. V., Novikov A. N.</i> THE ENVIRONMENTAL FACTOR IN THE SYSTEM OF RENTAL RELATIONS OF SHORT-TERM RENTAL HOUSING	56
<i>Sutormina E. N., Turun P. P., Polushkovsky B. V.</i> THE MAIN FEATURES OF PRICE ZONING USING THE EXAMPLE OF THE LAND PLOTS CADASTRAL VALUE IN GROZNY CITY URBAN DISTRICT	64
<i>Taysumov M. A., Magomadova R. S., Astamirova¹M. A.-M., Ataev Z. V., Dudagova E. Sh.</i> STUDYING HISTORY OF THE PHYSICAL AND GEOGRAPHICAL FEATURES OF XEROPHYTES IN THE RUSSIAN CAUCASUS FLORA	72
<i>Teslenok S. A., Kalashnikova L. G., Mushtaikin A. P.</i> PREPARATION OF MATERIALS FOR GEOINFORMATION AND CARTOGRAPHIC MONITORING OF THE ARAL SEA COASTLINE BASED ON REMOTE SENSING DATA.....	88
<i>Titov A. A., Biktimirova N. M., Bratkov V. V.</i> DEVELOPMENT OF CARTOGRAPHIC VISUALIZATION FOR CHANGES IN ATMOSPHERIC PRECIPITATION IN THE OKA RIVER BASIN	106

RULES FOR AUTHORS	121
--------------------------------	-----

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Химические науки / Chemical Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 544.723.212
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-5-10
EDN: CNUPMK

Сравнение свойств энтеросорбентов на примере адсорбции из растворов катионов меди и кобальта

© 2023 Лобанова О. В. ✉, Рягин С. Н., Косенкова О. В., Шайдабекова М. З.
Московский финансово-промышленный университет «Синергия»
Москва, Россия, lobanova2016lobanova@mail.ru ✉; sriagin@synergy.ru;
kosenkova.ol@yandex.ru; fuguo1983@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Цель. Изучить адсорбционные свойства лекарственных препаратов на примере адсорбции из раствора катионов меди и кобальта и выявить наиболее эффективный адсорбент. **Методы.** Расчет сорбционной емкости энтеросорбентов «Уголь активированный» и «Белый уголь актив» проводили путем определения концентрации катионов меди и кобальта в исходных растворах и растворах после проведения процесса адсорбции. Концентрация катионов меди определялась фотометрическим методом, концентрация катионов кобальта — методом прямого комплексометрического титрования в присутствии мурексида. **Результаты.** Изучены свойства энтеросорбентов «Уголь активированный» и «Белый уголь актив» в отношении адсорбции катионов меди и кобальта. Показано, что процессы взаимодействия энтеросорбентов с ионами металлов характеризуются высокой сорбционной способностью. **Выводы.** «Уголь активированный» обладает большей сорбционной емкостью по отношению к катионам обоих металлов в сравнении с «Белый уголь актив».

Ключевые слова: адсорбция, энтеросорбент, тяжелые металлы, катионы меди и кобальта.

Формат цитирования: Лобанова О. В., Рягин С. Н., Косенкова О. В., Шайдабекова М. З. Сравнение свойств энтеросорбентов на примере адсорбции из растворов катионов меди и кобальта // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 3. С. 5-10. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-5-10. EDN: CNUPMK

Comparison of the Enterosorbents Properties Using the Example of Adsorption from Solutions of Copper and Cobalt Cations

© 2023 Olga V. Lobanova ✉, Sergey N. Ryagin, Olga V. Kosenkova,
Mehriban Z. Shaydabekova
Moscow University for Industry and Finance "Synergy"
Moscow, Russia, lobanova2016lobanova@mail.ru ✉; sriagin@synergy.ru;
kosenkova.ol@yandex.ru; fuguo1983@mail.ru

ABSTRACT. The aim of the paper is to study the drugs adsorption properties using the example of adsorption of copper and cobalt cations from a solution and to identify the most effective adsorbent. **Methods.** The calculation of the sorption capacity of “Activated Carbon” and “White Carbon Active” enterosorbents was carried out by determining the concentration of copper and cobalt cations in the initial solu-

tions and solutions after the adsorption process. The copper cations concentration was determined by the photometric method, the cobalt cations concentration by direct complexometric titration in the murexide. **Results.** The properties of “Activated Carbon” and “White Carbon Active” enterosorbents in relation to the adsorption of copper and cobalt cations were studied. It has been shown that the processes of enterosorbents interaction with metal ions are characterized by high sorption capacity. **Conclusions.** “Activated carbon” has a greater sorption capacity in relation to cations of both metals in comparison with “White Carbon Active”.

Keywords: adsorption, enterosorbent, heavy metals, copper and cobalt cations.

For citation: Lobanova OV, Ryagin SN, Kosenkova OV, Shaidabekova MZ. Comparison of the Enterosorbents Properties Using the Example of Adsorption from Solutions of Copper and Cobalt Cations. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2023;17(3):5-10 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-5-10. EDN: CNUPMK

Введение

Накопление тяжелых металлов в организме человека в результате антропогенного загрязнения окружающей среды чрезвычайно опасно из-за высокой кумулятивной способности этих химических элементов [1].

Для удаления токсинов или нормализации ионного баланса организма в медицине и фармации широко используются различные энтеросорбенты – лекарственные средства различной структуры, осуществляющие связывание экзо- и эндогенных веществ в ЖКТ путём адсорбции. Исследования адсорбции энтеросорбентов с ионами тяжелых металлов представляют большой интерес не только для развития теории адсорбции, но и для решения важнейших прикладных фармацевтических и медицинских проблем [2-5].

Первая помощь при отравлении ядами тяжёлых металлов заключается в применении энтеросорбентов. Энтеросорбция является составной частью терапии, конечной целью которой является прекращение действия токсинов различного происхождения и их выведение из организма.

При приобретении энтеросорбента необходимо учитывать объем сорбционной емкости препарата, подразумевающей количество ионов тяжелых металлов, которое сорбент способен связать на единицу своей массы [6-9].

Вышеизложенное определило цель настоящего исследования – изучить адсорбционные свойства энтеросорбентов на примере адсорбции из раствора катионов меди и кобальта и выявить наиболее эффективный адсорбент.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов для определения и последующего сравнения адсорбционной

активности были выбраны энтеросорбенты: «Уголь активированный» производства фармацевтической компании Renewal и сорбент нового поколения «Белый уголь актив», производства фармацевтической компании «ВТФ».

Концентрацию катионов меди определяли фотометрическим методом по интенсивности окраски медно-аммиачных комплексных катионов состава $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, окрашенных в темно-синий цвет. Измерения проводили на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ (максимум светопоглощения соответствует длине волны $\lambda = 590$ нм, $l = 1$ см). Исследуемые образцы лекарственных препаратов предварительно растирали в фарфоровой ступке до однородного состояния и взвешивали по 0,5 г каждого препарата в 8 пронумерованных стаканчиках. Для определения сорбционной емкости использовали по 25 мл раствора с $C_m(\text{Cu}^{2+}) = 0,025$ моль/л, в котором выдерживали энтеросорбенты в течение 15, 25, 35 и 45 минут. По истечении указанного времени суспензии отфильтровывали в мерные колбы объемом 50 мл, в каждую колбу прибавляли раствор аммиака (1:4) до появления синей окраски и еще 5,0 мл избыточного количества этого раствора. Объемы растворов доводили строго до метки дистиллированной водой и после выдерживания в течение 5 минут приступали к фотометрированию растворов.

Содержание катионов кобальта определяли комплексонометрическим методом титрования его ионов стандартным раствором ЭДТА ($C_m = 0,01$ моль/л) в присутствии индикатора мурексида. В точке эквивалентности желтая окраска переходит в фиолетовую, характерную для свободного индикатора. Для определения

сорбционной емкости использовали раствор соли CoCl_2 (содержащий не более 25 мг Co^{2+} в 100 мл раствора).

Сорбционную емкость энтеросорбентов «Уголь активированный» и «Белый уголь актив» определяли по разности концентраций катионов меди и кобальта в исходных растворах и растворах после проведения процесса адсорбции.

Для характеристики процесса адсорбции катионов металлов энтеросорбентами была выбрана парная экспоненциальная регрессия. Оценка параметров регрессии была проведена с использованием метода наименьших квадратов, статистическая значимость результатов определена с помощью коэффициента детерминации и критерия Фишера.

Результаты и их обсуждение

Результаты расчета концентраций катионов Cu^{2+} и Co^{2+} в фильтрате после проведения адсорбции, доля адсорбированных катионов и сорбционная емкость представлены в таблицах 1 и 2.

Анализ результатов показывает, что препарат «Белый уголь актив» обладает меньшей сорбционной емкостью.

По полученным результатам были построены кинетические кривые сорбции (рис. 1).

Результаты, представленные на рисунке 1, говорят о высокой скорости адсорбции – равновесие в системе «раствор – сорбент» достигается в первые 15 минут. Отсутствие достаточного количества экспериментальных данных не позволяет смоделировать кинетические кривые сорбции ионов меди (II) и кобальта (II) на начальных участках.

Для характеристики процесса сорбции, показывающей поглощение ионов Cu^{2+} и Co^{2+} различными сорбентами, на этапе спецификации была выбрана парная экспоненциальная регрессия (рис. 2).

Параметры статистической обработки изотерм сорбции ионов Cu^{2+} и Co^{2+} на энтеросорбентах «Уголь активированный» и «Белый уголь актив» представлены в таблице 3.

Таблица 1. Адсорбция катионов Cu^{2+}
 Table 1. Adsorption of Cu^{2+} cations

Содержание Cu^{2+} Cu^{2+} content	Энтеросорбент Enterosorbent	Время выдерживания в адсорбенте, мин Retention time in adsorbent, min				
		Без адсорбента Without adsorbent	15	25	35	45
Концентрация Cu^{2+} , мг/50мл	«Белый уголь актив»	39,55	30,42	29,63	29,67	29,80
	«Уголь активированный»	39,5	27,43	26,60	26,22	26,26
Доля адсорбированных катионов Cu^{2+} , % (Γ_1)	«Белый уголь актив»	–	23,1	25,1	25,0	24,6
	«Уголь активированный»	–	30,7	32,7	33,7	33,6
Масса адсорбированных катионов Cu^{2+} , мг/г адсорбента (C_1)	«Белый уголь актив»	–	18,17	19,82	19,69	19,44
	«Уголь активированный»	–	24,17	25,85	26,64	26,45

Таблица 2. Адсорбция катионов Co^{2+}
 Table 2. Adsorption of Co^{2+} cations

Содержание Co^{2+} Co^{2+} content	Энтеросорбент Enterosorbent	Время выдерживания в адсорбенте, мин Retention time in adsorbent, min				
		Без адсорбента Without adsorbent	15	25	35	45
Концентрация Co^{2+} , мг/100мл	«Белый уголь актив»	22,38	12,99	12,84	12,78	12,69
	«Уголь активированный»	22,38	11,43	10,28	10,22	10,07
Доля адсорбированных катионов Co^{2+} , % (Γ_2)	«Белый уголь актив»	–	42,0	42,6	42,9	43,3
	«Уголь активированный»	–	48,9	54,1	54,3	55,0
Масса адсорбированных катионов Co^{2+} , мг/г адсорбента (C_2)	«Белый уголь актив»	–	18,73	19,03	19,02	19,32
	«Уголь активированный»	–	21,87	24,17	24,27	24,47

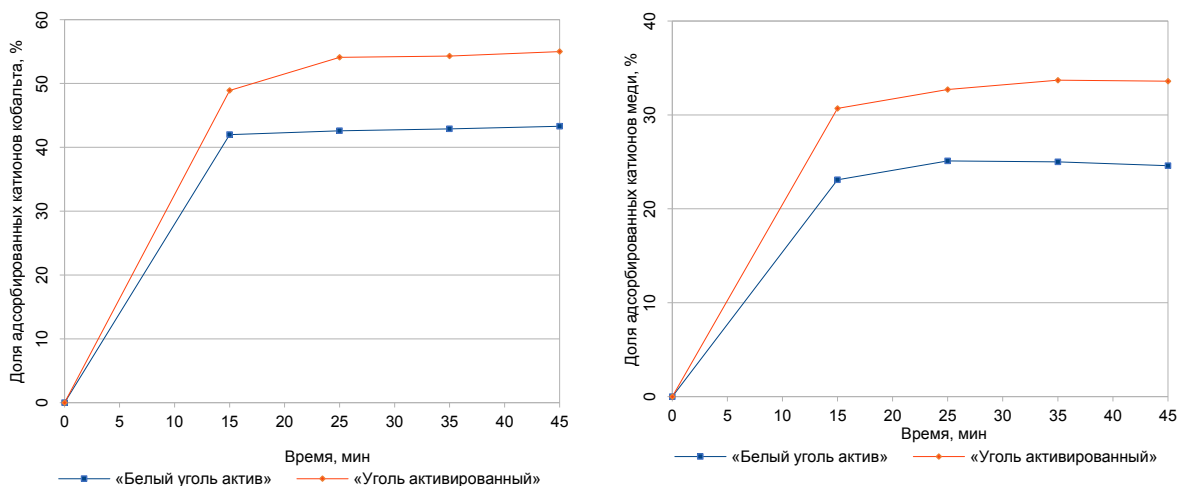


Рис. 1. Кинетические кривые сорбции катионов кобальта (слева) и меди (справа)
 Fig. 1. Kinetic curves of sorption of cobalt cations (left) and copper (right)

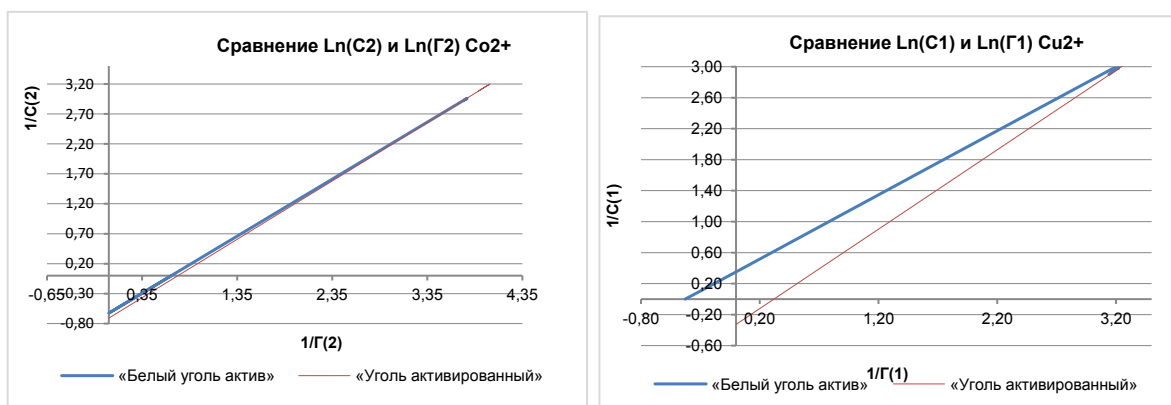


Рис. 2. Изотермы адсорбции катионов Co^{2+} (слева) Cu^{2+} (справа) и на энтеросорбентах «Уголь активированный» и «Белый уголь актив»
 Fig. 2. Adsorption isotherms of Co^{2+} cations (left) Cu^{2+} (right) and on enterosorbents “Activated Carbon” and “White Carbon Active”

Таблица 3. Статистические показатели изотерм сорбции

Table 3. Statistical indicators of sorption isotherms

Показатель Indicator	Значение Value	
	Cu^{2+} ($y = 11,929 e^{0,0412x}$)	Co^{2+} ($y = 1,116 e^{0,0904x}$)
Коэффициент детерминации	0,7619	0,8215
Средний коэффициент эластичности	1,007	3,861
Средняя ошибка	1,57	1,75

Оценка параметров парной экспоненциальной регрессии показывает, что в исследуемой ситуации 82,15% (в случае с сорбцией катионов Co^{2+}) и 76,19% (в случае с сорбцией катионов Cu^{2+}) общей варибельности Y объясняется изменением X . Установлено также, что параметры моделей статистически не значимы. Однако связь между признаком Y и

фактором X не подтверждена. Анализ коэффициента эластичности указывает на существенное влияние X на Y в обоих рассмотренных случаях сорбции. Значение ошибки аппроксимации: 1,75% (сорбция катионов Co^{2+}) и 1,57% (сорбция катионов Cu^{2+}) говорит о хорошем качестве найденных моделей.

Заключение

Эксперимент по определению сорбционной емкости энтеросорбирующего средства «Уголь активированный» производства фармацевтической компании Renewal и сорбента нового поколения «Белый уголь актив» производства фармацевтической компании «ВТФ» показал, что активированный уголь является более эффективным сорбентом. Установлено,

что изученные процессы сорбции характеризуется высокой скоростью. Математическая обработка изотерм сорбции катионов Cu^{2+} и Co^{2+} энтеросорбентами показывает, что сорбционный процесс можно описать с помощью модели Фрейндлиха, по которой реальные поверхности твердых тел не обладают энергетически однородными адсорбционными центрами.

Литература

1. Скугорева С. Г., Ашихмина Т. Я., Фокина А. И., Лялина Е. И. Химические основы токсического действия тяжелых металлов (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 1. С. 4-13. EDN: VXCBRP
2. Золотарева Н. В., Алыкова Т. В., Евсина Е. М., Бойко В. А., Кудряшова А. Е. Сорбция новокаинамида угольно-минеральным сорбентом из тростника южного // Естественные науки. 2017. № 2(59). С. 89-97. EDN: WNROWY
3. Хлытина А. А., Матюшин А. А. Поиск эффективных сорбентов путем определения их удельной адсорбции // Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке. 2018. Т. 20. № 2. С. 93-97. EDN: YRZDUM
4. Борисков Д. Е., Ефремова С. Ю., Комарова Н. А. Изучение адсорбции ионов кадмия из растворов на природном и модифицированных диатомитах // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23. № 1. С. 70-76. DOI 10.18500/1816-9775-2023-23-1-70-76. EDN: AOVKKS
5. Енгашева Е. С., Павленко Г. И., Дорогова О. А. Возможность применения АСД-2Ф при отравлении солями тяжелых металлов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2018. № 9. С. 56-60. EDN YNMFPPN
6. Рягин С. Н. Химия для будущих врачей: практикум: учебное пособие: часть 1. Основы биоорганической и биофизической химии. М.: Университет «Синергия», 2023. 326 с.
7. Полковников П. Р., Слюсар О. И., Рягин С. Н. Свойства энтеросорбентов – изучение и сравнение адсорбционных свойств лекарственных препаратов: "Энтеросгель", "Полисорб МП" и биологически активной добавки "Белый уголь актив" // Вестник Биомедицина и социология. 2020. Т. 5. № 1. С. 32-35. DOI: 10.26787/nydha-2618-8783-2020-5-1-32-35. EDN: ZEUKYC
8. Руденко П. А., Руденко В. Б., Руденко А. А., Хохлова О. Н., Ржевский Д. И., Казаков В. А., Паликов В. А., Полябин С. В., Дьяченко И. А. Физико-химические свойства и механизмы действия наночастиц диоксида кремния // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2022. Т. 85. № 1. С. 27-31. DOI 10.30906/0869-2092-

References

1. Skugoreva SG, Ashihmina TYa, Fokina AI, Lyalina EI. Chemical basis of the heavy metals toxic effect (review). *Theoretical and Applied Ecology*. 2016(1):4-13. (In Russ). EDN: VXCBRP
2. Zolotareva NV, Alykova TV, Evsina EM, Boyko VA, Kudryashova AYE. The sorption of procainamide by carbon-mineral sorbent obtained from phragmites australis. *Natural Sciences*. 2017(2(59)):89-97. (In Russ). EDN: WNROWY
3. Chlityina AA, Matyushin AA. Search for effective adsorbents by determining their specific adsorption. *The Journal of Scientific Articles Health and Education Millennium*. 2018;20(2):93-97. (In Russ). EDN: YRZDUM
4. Boriskov DE, Efremova SYu, Komarova NA. Study of adsorption of cadmium ions from solutions on natural and modified diatomites. *Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Chemistry. Biology. Ecology*. 2023;23(1): 70-76. (In Russ). DOI 10.18500/1816-9775-2023-23-1-70-76. EDN: AOVKKS
5. Engasheva ES, Pavlenko GI, Dorogova OA. The Possibility of Using ASD-2F for Poisoning with Salts of Heavy Metals. *Veterinary, Animal Science and Biotechnology*. 2018(9):56-60. (In Russ). EDN YNMFPPN
6. Ryagin SN. Chemistry for future doctors: workshop: textbook: part 1. Fundamentals of bioinorganic and biophysical chemistry. Moscow: Synergy University, 2023:326. (In Russ).
7. Polkovnikov PR, Slyusar OI, Ryagin SN. Properties of enterosorbents – study and comparison of adsorption properties of drugs: "Enterogel", "Polysorb MP" and biologically active additive "White Coal Active". *Bulletin Biomedicine and Sociology*. 2020;5(1):32-35. (In Russ). DOI: 10.26787/nydha-2618-8783-2020-5-1-32-35. EDN: ZEUKYC
8. Rudenko PA, Rudenko VB, Rudenko AA, Khohlova ON, et al. Physicochemical properties and mechanisms of therapeutic action of silicon dioxide nanoparticles. *Experimental and Clinical Pharmacology*. 2022;85(1):27-31. (In Russ). DOI 10.30906/0869-2092-2022-85-1-27-31. EDN UFG RJF
9. Koptkova EK, Mayorov DV, Kondratenko TV.

2022-85-1-27-31. EDN UFGRJF

9. Копкова Е. К., Майоров Д. В., Кондратенко Т. В. Получение и исследование структурно-поверхностных и сорбционных свойств слоистых двойных гидроксидов магния и алюминия, модифицированных полиэтиленгликолем // Сорбционные и хроматографические процессы. 2021. Т. 21. № 6. С. 894-904. DOI: 10.17308/sorpchrom.2021.21/3836. EDN: UD-WKJR

Production and investigation of the structural, surface, and sorption properties of layered double hydroxides of magnesium and aluminium modified with polyethylene glycol. *Sorption and Chromatography Processes*. 2021;21(6):894-904. (In Russ). DOI: 10.17308/sorpchrom.2021.21/3836. EDN: UDWKJR

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Лобанова Ольга Васильевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», Москва, Россия, lobanova2016lobanova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-2671-2666>

Рягин Сергей Николаевич, доктор педагогических наук, заведующий кафедрой химии, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», Москва, Россия, sriagin@synergy.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0426-1825>

Косенкова Ольга Владимировна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», Москва, Россия, kosenkova.ol@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3237-3891>

Шайдабекова Мехрибан Залитдиновна, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», Москва, Россия, fuguo1983@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2856-5600>

Критерии авторства

Лобанова О. В. – определение адсорбционной активности энтеросорбентов, обработка результатов эксперимента, написание рукописи; Рягин С. Н. – статистический анализ и интерпретация данных исследования; Косенкова О. В. – участие в написании рукописи; Шайдабекова М. З. – участие в написании рукописи, техническое редактирование рукописи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 06.09.2023
Одобрена после рецензирования 12.09.2023
Принята к публикации 15.09.2023

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Olga V. Lobanova, Ph.D. (Biology), Associate Professor, Department of Chemistry, Moscow University for Industry and Finance "Synergy", Moscow, Russia, lobanova2016lobanova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-2671-2666>

Sergey N. Ryagin, Doctor of Science (Pedagogy), Head of the Department of Chemistry, Moscow University for Industry and Finance "Synergy", Moscow, Russia, sriagin@synergy.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0426-1825>

Olga V. Kosenkova, Ph.D. (Chemistry), Associate Professor, Department of Chemistry, Moscow University for Industry and Finance "Synergy", Moscow, Russia, kosenkova.ol@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3237-3891>

Mehriban Z. Shaydabekova, Ph.D. (Biology), Associate Professor, Department of Chemistry, Moscow University for Industry and Finance "Synergy", Moscow, Russia, fuguo1983@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2856-5600>

Contribution of the authors

Lobanova O. V. – determination of the enterosorbents adsorption activity, processing of experimental results, writing the paper; Ryagin S. N. – statistical analysis and interpretation of research data; Kosenkova O. V. – participation in writing the paper; Shaydabekova M. Z. – participation in writing the paper, technical editing.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 06.09.2023
Approved after reviewing 12.09.2023
Accepted for publication 15.09.2023

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Биологические науки / Biological Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 58.04
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-11-16
EDN: STBUSU

Аминокислоты как стимуляторы прорастания семян огурца сорта «Пальчик»

© 2023 Гаджиева Г. М.✉, Расулов А. И., Даудова Р. Д.

Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова
Махачкала, Россия, afm_dgpu@mail.ru✉; abutdin.rasulov@mail.ru;
medicina_19@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Целью исследования является изучение влияния различных аминокислот на прорастание семян огурца сорта «Пальчик». **Методы.** Был использован метод предпосевого замачивания семян в растворах аминокислот и дистиллированной воды. **Результаты.** В результате исследования были получены новые данные о влиянии аминокислот на прорастание семян огурца сорта «Пальчик». Растворы аминокислот стимулировали прорастание семян. Стимуляционный эффект особенно выражен при предпосевной обработке семян аспарагиновой кислотой. Наиболее благоприятно на рост и длину корня проростков огурцов сорта «Пальчик» влияют аминокислоты: аланин, глицин и аспарагиновая кислота. **Вывод.** Из проведенного исследования видно, что использование аминокислот повышает продуктивность растений, а именно – огурцов сорта «Пальчик».

Ключевые слова: аминокислоты, семена, предпосевная обработка, сорт, интенсивность, транспирация, водоудерживающая способность.

Формат цитирования: Гаджиева Г. М., Расулов А. И., Даудова Р. Д. Аминокислоты как стимуляторы прорастания семян огурца сорта «Пальчик» // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 3. С. 11-16. 10.31161/1995-0675-2023-17-3-11-16. EDN: STBUSU

Amino Acids as Stimulators for Seed Germination of Palchik Cucumber Variety

© 2023 Guleybat M. Gadzhieva✉, Abtdin I. Rasulov, Rabiya D. Daudova,
Gamzatov Dagestan State Pedagogical University
Makhachkala, Russia, afm_dgpu@mail.ru✉; abutdin.rasulov@mail.ru;
medicina_19@mail.ru

ABSTRACT. The aim of the paper is the effect of various amino acids on seed germination of Palchik cucumber variety. **Methods.** It was used the method of pre-sowing soaking of seeds in amino acids and distilled water solutions. **Results.** As a result of the research, new data were obtained on the effect of amino acids on the seed germination of Palchik cucumber variety. Amino acid solutions stimulated seed germination. The stimulating effect is especially pronounced when pre-sowing seeds are treated with aspartic acid. The amino acids that most favorably influence the root growth and length of Palchik cucumber variety seedlings are alanine, glycine and aspartic acid. **Conclusion.** It is clear from the study that the use of amino acids increases the productivity of plants, namely, Palchik cucumber variety.

Keywords: amino acids, seeds, pre-sowing treatment, variety, intensity, transpiration, water-holding capacity.

For citation: Gadzhieva GM, Rasulov AI, Daudova RD. Amino Acids as Stimulators for Seed Germination of Palchik Cucumber Variety. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2023;17(3):11-16 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-11-16. EDN: STBUSU

Введение

В последнее время появляется все больше информации о воздействии аминокислот на растения, о пользе использования аминокислот в сельском хозяйстве и в медицине. Они прямо или косвенно влияют на физиологическую активность клетки и используются в качестве биологически активных веществ. Аминокислоты безопасны с экологической точки зрения, их используют в низких концентрациях для улучшения роста и развития растений.

Темпы появления всходов, рост и развитие растений, и, наконец, урожайность в значительной степени зависят от качества посевного материала. Именно качество семян определяет генетическую гомогенность, физические свойства, жизнеспособность и полевую продуктивность растений.

При прорастании семян единственным источником формирования нового растения служат белки семян эндосперм и семядоли, за счет их гидролитического и окислительного распада образуются аминокислоты и амиды, которые выполняют роль исходного материала для синтеза белков протоплазмы.

В некоторых работах приводятся данные о том, что при обработке семян комплексом аминокислот происходит синтез гиббереллинов и ауксинов, стимулирующих процесс прорастания семян на начальном этапе, а также увеличивается содержание цитокининов, которые играют роль на более позднем этапе произрастания семян при параллельном уменьшении содержания ингибиторов [1].

Аминокислоты используются в медицине при нарушениях обмена веществ, при заболеваниях органов пищеварения, дыхания, при заболеваниях органов зрения, а также некоторых заболеваниях центральной нервной системы [2].

Использование аминокислот в сельском хозяйстве приводит к повышению устойчивости растений и иммунитета, накоплению энергии в растениях [3; 4]. Аминокислоты не только оказывают положительное воздействие на иммунную систему растений, повышают способность растений усваивать элементы питания, способствуют ускоренному образованию завязи, но и активизируют механизмы быстрого вос-

становления после стрессогенных факторов, улучшают устойчивость растений к различным заболеваниям и вредителям [1; 5].

Проведенные экспериментальные опыты показали, что экзогенные аминокислоты способны влиять на начальные этапы роста и развития растений, на продуктивность и качество плода.

Известно, что растения огурца чрезвычайно чувствительны к изменениям условий окружающей среды. Интенсивность ростовых процессов этой культуры варьирует даже при незначительном изменении условий их культивирования. Огурцы – важная овощная культура. Огурцы содержат витамин С и пептидные ферменты. Из-за содержания солей йода они имеют важное значение для предупреждения атеросклероза и других болезней.

Предпосевная обработка семян аминокислотами способствует их быстрому прорастанию, усиливает и регулирует работу устьиц, рост корней, улучшает вкусовые качества [6].

Необходимо не только изучить количественный состав аминокислот у растений применительно к нашей зоне, но и влияние аминокислот как биостимуляторов, которые оказывают положительное влияние на рост и урожай различных сельскохозяйственных растений Дагестана [2; 7].

Цель исследования – изучение влияния аминокислот на всхожесть, рост корня и интенсивность транспирации листьев огурцов сорта «Пальчик».

Материал и метод исследования

Объектом исследований служили семена огурцов сорта «Пальчик», вкусовые качества сорта отличные, ценность сорта – высокая урожайность, короткоплодность и устойчивость к болезням.

Для решения поставленной задачи семена растений огурца (по 30 штук) замачивались в чашках Петри в дистиллированной воде (контроль), а также в 0,1 %-ных растворах аминокислот. Через 24 часа семена промывали дистиллированной водой. В дальнейшем проращивание семян проводилось также в чашках Петри дистиллированной водой.

В течение опыта учитывали всхожесть, энергию прорастания семян, изучали особенности роста корней проростков. Ин-

тенсивность транспирации учитывали с помощью торсионных весов.

Результаты и их обсуждение

Проведенное исследование показывает различное влияние аминокислот на всхожесть семян. Они стали заметны уже с появлением первых проростков огурцов (табл. 1). Некоторые растворы аминокислот стимулировали прорастание семян огурцов сорта «Пальчик» по-разному.

Наибольший стимуляционный эффект был выражен при предпосевной обработке семян огурцов раствором триптофана, орнитина и аспарагиновой кислоты с концентрацией с = 0,1 %, составил 97; 97 и 100 % соответственно. При обработке раствором аланином и глицином процент проросших семян на 8 день составил 93 и 93 % соответственно.

Таблица 1. Влияние аминокислот на прорастание семян огурцов сорта «Пальчик»
Table 1. The influence of amino acids on the seed germination of Palchik cucumber variety

Опыт заложен 16.05.2023 The experiment on 05/16/2023									
№	Наименование Раствора Solution name	Процент проросших семян Percentage of germinated seeds							
		Дата наблюдения Date of observation							
		17.05	18.05	19.05	20.05	21.05	22.05	23.05	24.05
1	Аланин 0,1% DZ	10±0,01	20±2,6	47±1,5	70±3,4	83±1,9	83±1,9	90±4,2	93±2,1
2	Валин 0,1%	10±1,1	20±1,4	57±3,1	77±5,1	80±1,4	83±2,0	83±3,1	87±3,5
3	Аспарагиновая кислота	17±1,1	30±1,3	63±1,4	73±3,4	80±1,9	83±1,9	87±1,0	100±1,2
4	Цистеин	13±1,1	20±3,1	50±3,0	70±3,4	73±2,4	83±1,4	80±2,5	90±2,0
5	Триптофан	13±1,2	20±3,1	50±3,1	70±3,4	80±1,9	87±3,5	97±3,4	97±3,1
6	Серин	12±2,1	23±1,4	50±3,4	57±2,1	67±3,4	83±2,0	90±1,9	90±2,0
7	Фенилаланин	10±1,5	23±1,3	30±3,0	63±3,4	73±2,0	80±3,0	87±5,1	90±3,0
8	Глутаминовая кислота	10±1,4	25±1,5	50±3,0	57±3,6	67±	83±3,0	80±	80±1,4
9	Глицин	13±1,3	23±2,6	57±3,1	87±5,1	87±1,9	87±1,9	90±4,2	93±2,0
10	Норвалин	13±1,1	20±2,6	57±1,4	87±1,9	88±1,9	90±3,1	90±3,0	90±3,0
11	Орнитин (диаминовалериановая кислота)	10±1,2	23±2,6	68±5,1	87±5,1	90±3,1	93±1,2	97±3,1	97±3,1
12	Аланин	12±1,1	23±1,5	50±3,2	77±5,1	80±3,5	87±1,5	90±4,2	90±1,9
13	H ₂ O (контроль)	10±1,1	20±1,3	30±1,4	43±1,2	57±0,1	73±1,1	80±1,0	87±1,0

Таблица 2. Влияние аминокислот на ростовые процессы семян огурцов сорта «Пальчик»
Table 2. The influence of amino acids on the seeds' growth processes of Palchik cucumber variety

№	Наименование раствора Solution name	Длина корня Root length										Длина проростка Seedling length											
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ср										1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ср											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ср	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ср
1	Аланин	2,4	2,3	2,4	2,9	2,9	2,0	2,6	2,5	2,2	2,4	2,4±0,3	1,5	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	2,0	2,0	1,3	2,1	1,5±0,02
2	Валин	2,7	2,1	2,4	3,5	2,5	2,8	2,6	3,3	2,3	3,4	2,7±1,0	1,5	1,6	1	1,4	1,4	1,5	1,3	1,7	1,1	1,2	1,3±0,01
3	Аспарагиновая кислота	3,9	3,2	2,7	3,0	2,5	2,2	2,4	2,3	1,7	1,7	2,5±1,2	1,2	1,7	1,2	1,1	1,3	1,3	1,4	1,1	1,5	1,5	1,3±0,02
4	Цистеин	0,9	0,5	1,3	1,5	1,1	0,5	0,5	0,4	0,6	0,3	0,7±0,1	1,1	1	1,1	1,4	1,4	1	0,8	0,8	1,3	0,7	1±0,09
5	Триптофан	1,4	2,5	1,3	1,4	0,9	1,3	1,3	1,1	1,4	1,1	1,3±0,46	1	1,6	1,4	1	1,1	1	1,5	0,9	1,1	1	1,1±0,02
6	Серин	1,1	1,8	1,9	1,9	1,5	1,2	1,7	1,6	1,7	1,7	1,6±1,2	1,7	1,1	1,1	1,3	1,2	1	1	1,4	1	1	1,1±0,02
7	Фенилаланин	3	2	1,5	3,5	2,5	3,5	1,5	1,3	1,5	4	2,4±1,0	0,9	1	1	1	0,9	1	1	1	1	1	1±0,3
8	Глутаминовая кислота	4	2,9	2,5	1,1	2,2	1	1,1	1	1,6	1,8	2±0,18	1,5	1,2	1,3	1	1,1	1	1	1	1	1	1,1±0,3
9	Глицин	3,6	3,3	6,4	7,8	3,5	5,5	4	4,1	4,9	5	4,4±0,6	1,8	1,3	2,7	2,4	0,9	1,1	1,1	0,9	1,4	0,9	1,4±1,0
10	Норвалин	2,4	3,7	3,5	2,3	2,7	2,1	2,8	3,4	2,6	2,1	2,5±1,2	0,4	1,3	1	0,9	0,8	0,7	1,3	1,4	0,9	0,7	0,9±0,09
11	Орнитин	4,5	5,2	4,7	4,5	4,8	3,6	2,4	2,8	2,1	3,5	3,8±0,7	1,1	1,3	1,4	1,7	1,3	0,9	0,7	0,6	0,3	0,4	0,9±0,09
12	Аланин	3,5	4,5	3,3	3	2,8	4,5	3	3,3	3,2	1,5	2,8±1,2	0,5	1,3	1	1	1,2	1	1	1	1	1	1±1,0
13	H ₂ O	2,1	2,8	1,8	5,5	3	2,9	3,5	3	2,6	1,3	2,8±1,2	0,8	1	0,7	1,5	1	1,1	1,2	1,4	1,5	1	1±1,2

Таблица 3. Влияние аминокислотных удобрений на водоудерживающие способности семян огурцов сорта «Пальчик»

Table 3. The influence of amino acids fertilizers on the seeds water-holding capacity of Palchik cucumber variety

№	Название растворов Solutions name	9:50 9:50 a.m.	10:50 10:50 a.m.	% потери в весе за 1 час завядания % weight loss per 1 hour withering
1	Аланин 0,1	104	75	29±1,2
2	Валин	14	10	4±1,6
3	Аспарагиновая кислота	100	60	40±1,3
4	Цистеин	62	40	22±1,3
5	Триптофан	130	102	28±1,7
6	Серин	86	53	33±1,8
7	Фенилаланин	111	71	40±2,1
8	Глутаминовая	52	32	20±1,2
9	Глицин	64	57	7±1,0
10	Норвалин	56	35	21±2,5
11	Орнитин	27	20	7±0,02
12	Аланин	85	53	32±1,6
13	H ₂ O	93	72	21±2,5

В несколько меньшей степени стимулировали прорастание семян растворы цистеина серы, норвалина фенилаланина и аланина. Так, на восьмой день опыта проросло 90 % соответственно семян огурцов. Количество проросших семян огурцов сорта «Пальчик» при использовании раствора валина ниже (87 % соответственно) на протяжении всего эксперимента.

Приведенные выше данные (табл. 1) свидетельствуют о том, что из всех аминокислот более интенсивное прорастание семян огурца вызывает аспарагиновая кислота, триптофан и орнитин. Вероятно, аспарагиновая кислота принимает более активное участие в азотном обмене и синтезе белка в этот период. Он также является строительным материалом для других аминокислот и стимулирует пророст семян огурца.

В таблице 2 также показано, что аминокислоты стимулируют рост проростков и корней огурцов. Максимальная стимуляция роста проростков наблюдается в растворах следующих аминокислот: аланин, глицин, валин и аспарагиновая кислота (1,5; 1,4; 1,3 и 1,3 см соответственно). Минимальная стимуляция роста проростков вызывали растворы: норвалин, орнитин (0,9 и 0,9 см соответственно).

Неоднозначным было действие растворов аминокислот на рост корня. Наибольшая длина корней отмечена в растворах аминокислот: глицина, орнитина и аланина (4,4; 3,8 и 2,8 см соответ-

ственно). А наименьший рост корня вызывает раствор цистеина (0,7 см соответственно).

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что наиболее благоприятно на рост и длину корня проростков огурцов сорта «Пальчик» влияют следующие аминокислоты – аланин, глицин и аспарагиновая кислота.

Эти результаты скорее всего связаны с тем, что именно аспарагиновая кислота связывает продукт метаболизма (аммиак), превращая ее в аспарагин, который необходим растениям для синтеза белковых соединений.

На длину корня огурца наиболее благоприятно влияют следующие аминокислоты: глицин, орнитин и аланин. А рост проростков огурца интенсивнее при использовании аланина, глицина, аспарагиновой кислоты и валина.

В связи с тем, что ростовые процессы коррелируют с водообменом, как одним из основных процессов в жизни растений, нами были изучены некоторые параметры водного обмена в условиях опыта. Представленные в таблице 3 данные показывают, что на водоудерживающую способность листьев огурцов наибольшее влияние оказывают следующие аминокислоты: аспарагиновая кислота, фенилаланин, серин и аланин. Высокая интенсивность транспирации наблюдается в следующих аминокислотах: норваллине, валине, глицине (табл. 4).

Таблица 4. Определение интенсивности транспирации семян огурцов сорта «Пальчик»

Table 4. Determination of the transpiration intensity of Palchik cucumber variety seeds

№	Наименование растворов Solutions name	Jm
1	Аланин 0,1	12,8±2,7
2	Валин	25,7±2,0
3	Аспарагиновая кислота	12,2±1,6
4	Цистеин	12,8±1,2
5	Триптофан	12,8±1,5
6	Серин	10,7±1,0
7	Фенилаланин	8,5±1,8
8	Глутаминовая	12,2±2,5
9	Глицин	25,7±7,3
10	Норвалин	34,2±5,8

11	Орнитин	12,8±2,6
12	Аланин	17,1±3,7
13	H ₂ O	15,0±2,0

Заключение

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о целесообразности использования аминокислот для повышения продуктивности растений Дагестана.

В дальнейшем авторами планируется расширение подобного рода исследований, а именно – постановка опытов с аминокислотами с использованием новых объектов и вариантов опыта в полевых условиях.

Список источников

1. Вознесенская Т. Ю. Эффективность удобрений с включением аминокислот на пшенице озимой // Агрофорум. 2022. № 4. С. 60-63. EDN: MGOCSN
2. Гаджиева Г. М. Аминокислотный состав пшеницы обыкновенной, произрастающей в Дагестане // Биоразнообразие использования природных ресурсов: материалы докладов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры ботаники ДГПУ (Махачкала, 27-28 марта 2013 г). Махачкала, 2013. С. 198-199. EDN: TEBOVW
3. Зачем растениям нужны аминокислоты. 5 причин усовершенствовать подкормки. URL: <https://goo.su/oa6A> (дата обращения: 14.08.2023).
4. Аминокислоты для растений – выбираем подкормку правильно. URL: <https://aogarden.ru/articles/sad-i-ogorod/aminokisloty-dlya-rasteniy-vybiraem-podkormku-pravilno/> (дата обращения: 14.08.2023).
5. Деханов А. С. Аминокислоты. URL: <https://medaboutme.ru/zdorove/spravochnik/slova-r-meditsinskih-terminov/aminokisloty/> (дата обращения: 14.08.2023).
6. Селиванова М. В., Романенко Е. С., Айсанов Т. С., Миронова Е. С. Влияние антистрессантов на продуктивность тепличного огурца // Сельскохозяйственный журнал. 2020. № 5(13). С. 42-48. DOI: 10.25930/2687-1254/007.5.13.2020. EDN: MFDSNE
7. Гаджиева Г.М. Аминокислотный состав некоторых представителей семейства зонтичных, произрастающих в Дагестане // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2015. № 4 (33). С. 44-47. EDN: VODYUH

References

1. Voznesenskaya TYu. Efficiency of fertilizers with the inclusion of amino acids on winter wheat. *Agroforum*. 2022(4):60-63. (In Russ). EDN: MGOCSN
2. Gadzhieva GM. Amino acid composition of common wheat growing in Dagestan. *Biodiversity of Natural Resources Use: Proceedings of Reports of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 50th Anniversary of the Botany Department. Dagestan State Pedagogical University (Makhachkala, March 27-28, 2013)*. Makhachkala, 2013:198-199. (In Russ). EDN: TEBOVW
3. Why do plants need amino acids? 5 reasons to improve fertilizing. URL: <https://goo.su/oa6A> (accessed 14.08.2023). (In Russ).
4. Amino acids for plants – choose the right fertilizer. URL: <https://aogarden.ru/articles/sad-i-ogorod/aminokisloty-dlya-rasteniy-vybiraem-podkormku-pravilno/> (accessed 14.08.2023).
5. Dekhanov AS. Amino acids. URL: <https://medaboutme.ru/zdorove/spravochnik/slova-r-meditsinskih-terminov/aminokisloty/> (accessed 14.08.2023). (In Russ).
6. Selivanova MV, Romanenko ES, Aisanov TS, Mironova ES. The influence of anti-stress fertilizers on the productivity of greenhouse cucumber. *Agricultural Journal*. 2020(5(13):42-48. DOI: 10.25930/2687-1254/007.5.13.2020. (In Russ). EDN: MFDSNE
7. Gadzhieva GM. The amino acid composition of some representatives of umbelliferae family, growing in Dagestan. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2015(4(33):44-47. (In Russ). EDN: VODYUH

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**Принадлежность к организации**

Гаджиева Гулейбат Магомедовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии, физиологии и медицины, факультет биологии, географии и химии, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, afm_dgpu@mail.ru

Расулов Абуддин Исамутдинович, кандидат химических наук, заведующий кафедрой химии, факультет биологии, географии и химии, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, abutdin.rasulov@mail.ru

Даудова Рабият Далгатовна, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой анатомии, физиологии и медицины, факультет биологии, географии и химии, Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала, Россия, medicina_19@mail.ru

Критерии авторства

Гаджиева Г. М., Расулов А. И. – проведение опыта, обработка аминокислотами семян, наблюдение, фиксирование результатов исследования. Даудова Р. Д. – анализ литературных источников, подготовка материала к публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 16.08.2023
Одобрена после рецензирования 30.08.2023
Принята к публикации 04.09.2023

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**Affiliations**

Guleybat M. Gadzhieva, Ph.D. (Bilology), Associate Professor, Department of Anatomy, Physiology and Medicine, Faculty of Biology, Geography and Chemistry, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, afm_dgpu@mail.ru

Rasulov Abutdin Isamutdinovich, Ph.D. (Chemistry), Associate Professor, Department of Chemistry, Faculty of Biology, Geography and Chemistry, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, abutdin.rasulov@mail.ru

Rabiyat D. Daudova, Ph.D. (Bilology), Associate Professor, Head of the Department of Anatomy, Physiology and Medicine, Faculty of Biology, Geography and Chemistry, Gamzatov Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, medicina_19@mail.ru

Contribution of the authors

Gadzhiev G. M., Rasulov A. I. – conducting the experiment, treating seeds with amino acids, observing, recording the research results. Daudova R. D. – analysis of literary sources, preparation of material for publication.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 16.08.2023
Approved after reviewing 30.08.2023
Accepted for publication 04.09.2023

Биологические науки / Biological Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 598.2
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-17-23
EDN: XWQTUA

К экологическим особенностям гнездового населения некоторых видов птиц на участке «Сарыкумские барханы» Дагестанского заповедника

© 2023 Джигерова Ф. М. ✉

Государственный природный заповедник «Дагестанский»
Махачкала, Россия, f.mirzekulieva@yandex.ru ✉

РЕЗЮМЕ. В основу данной статьи положены материалы по гнездовой экологии птиц Сарыкума, полученные в результате многолетних исследований. **Цель.** Провести анализ численности и особенностей распределения и размещения гнезд фоновых видов птиц. **Методы.** Для анализа результатов исследований проведены количественные учеты в различных местообитаниях, выявлены предпочтения некоторых видов птиц в выборе субстрата и высоты гнездования. **Результаты.** Получены данные о 40 видах гнездящихся птиц в различных местообитаниях. **Выводы.** Многолетние исследования на пробном участке позволяют проследить изменчивость численности и видового состава гнездящихся птиц в зависимости от условий среды обитания.

Ключевые слова: Сарыкум, гнездование, местообитание, экологические группировки, птицы.

Формат цитирования: Джигерова Ф. М. К экологическим особенностям гнездового населения некоторых видов птиц на участке «Сарыкумские барханы» Дагестанского заповедника // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 3. С. 17-23. 10.31161/1995-0675-2023-17-3-17-23. EDN: XWQTUA

Ecological Features for the Nesting Population of Some Bird Species at the “Sarykum Dune” Site of Dagestan Reserve

© 2023 Farida M. Dzhigerova ✉

Dagestan State Nature Reserve
Makhachkala, Russia, f.mirzekulieva@yandex.ru ✉

ABSTRACT. This article deals with the materials on the birds nesting ecology in Sarykum, obtained as a result of many years of research. The **aim** is to analyze the number and characteristics of the distribution and placement for the background bird species nest. **Methods.** Quantitative censuses were carried out in various habitats to analyze the research results, the preferences of some bird species in the choice of substrate and nesting height were revealed. **Results.** The data was obtained on 40 species of nesting birds in various habitats. **Conclusions.** Long-term studies on a trial site make it possible to trace the variability in the number and species composition of nesting birds depending on environmental conditions.

Keywords: Sarykum, nesting, habitat, ecological groups, birds.

For citation: Dzhigerova FM. Ecological Features for the Nesting Population of Some Bird Species at the “Sarykum Dune” Site of Dagestan Reserve. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2023;17(3):17-23 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-17-23. EDN: XWQTUA

Введение

Участок «Сарыкумские барханы» Дагестанского заповедника представляет собой неоднородную местность с большим количеством разнообразных местообитаний и доступной кормовой базы, что создает благоприятные условия для гнездования многочисленных видов птиц. Изучение экологических особенностей гнездования отдельных видов птиц необходимы для предвидения изменений орнитофауны под влиянием нарастающей антропогенной деятельности человека.

Материал и методы исследования

Исследования проводились в весенне-летний период с 2016 по 2022 г. Исследуемая территория представляет собой рассеянную местность с различными местообитаниями: леса и лесополосы, кустарниковые заросли, лугово-степные ком-

плексы, пустыни и камни, пойменные комплексы, антропогенные постройки. Маршруты проходили через все основные местообитания на исследуемой территории. Рассматривались только достоверно выявленные случаи гнездования фоновых видов птиц. Также отмечали высоту расположения гнезд и размещение гнезд на определенном субстрате. В ходе исследований использовались общепринятые методики учета птиц [1-4].

Результаты и их обсуждение

По результатам наблюдений за период с 2016 по 2022 г. на участке «Сарыкумские барханы» Дагестанского заповедника гнездилось 40 видов птиц – это представители 10 отрядов, 24 семейств и 34 родов (таб.1). Номенклатура видов и порядок их перечисления приведены в соответствии с конспектом орнитофауны России [5].

Таблица 1. Видовое разнообразие гнездящихся птиц Сарыкума

Table 1. Species diversity of nesting birds in Sarykum

№	Таксоны Taksons
	Отр. <i>Falconiformes</i>
	Сем. <i>Accipitridae</i> Vigors, 1824
	Род <i>Accipiter</i> Brisson, 1760
1	Европейский тювик (<i>Accipiter brevipes</i>) Severtzov, 1850
	Род <i>Aquila</i> Brisson, 1760
2	Могильник (<i>Aquila heliaca</i>) Savigny, 1809
	Сем. <i>Falconidae</i> Leach, 1820
	Род <i>Falco</i> Linnaeus, 1758
3	Чеглок (<i>Falco subbuteo</i>) Linnaeus, 1758
4	Обыкновенная пустельга (<i>Falco tinnunculus</i>) Linnaeus, 1758
	Отр. <i>Galliformes</i>
	Сем. <i>Phasianidae</i> Horsfield, 1821
	Род <i>Perdix</i> Brisson, 1760
5	Серая куропатка (<i>Perdix perdix</i>) Linnaeus, 1758
	Отр. <i>Charadriiformes</i>
	Сем. <i>Charadriidae</i> Linnaeus, 1758
	Род <i>Charadrius</i> Linnaeus, 1758
6	Малый зуек (<i>Charadrius dubius</i>) Scopoli, 1786
	Отр. <i>Columbiformes</i>
	Сем. <i>Columbidae</i> Leach, 1820
	Род <i>Streptopelia</i> Bonaparte, 1855
7	Кольчатая горлица (<i>Streptopelia decaocto</i>) Frivaldszky, 1838
	Род <i>Columba</i> Linnaeus, 1758
8	Вяхрь (<i>Columba palumbus</i>) Linnaeus, 1758
9	Сизый голубь (<i>Columba livia</i>) Gmelin, 1789
	Отр. <i>Strigiformes</i>
	Сем. <i>Strigidae</i> Leach, 1820
	Род <i>Otus</i> Pennant, 1769
10	Сплюшка (<i>Otus scops</i>) Linnaeus, 1758
	Род <i>Athene</i> Boie, 1822

11	Домовый сыч (<i>Athene noctua</i>) Scopoli, 1769 Отр. <i>Caprimulgiformes</i> Сем. <i>Caprimulgidae</i> Vigors, 1825 Род <i>Caprimulgus</i> Linnaeus, 1758
12	Обыкновенный козодой (<i>Caprimulgus europaeus</i>) Linnaeus, 1758 Отр. <i>Coraciiformes</i> Сем. <i>Coraciidae</i> Rafinesque, 1815 Род <i>Coracias</i> Linnaeus, 1758
13	Сизоворонка (<i>Coracias garrulus</i>) Linnaeus, 1758 Сем. <i>Alcedinidae</i> Rafinesque, 1815 Род <i>Alcedo</i> Linnaeus, 1758
14	Обыкновенный зимородок (<i>Alcedo atthis</i>) Linnaeus, 1758 Сем. <i>Meropidae</i> Rafinesque, 1815 Род <i>Merops</i> Linnaeus, 1758
15	Золотистая шурка (<i>Merops apiaster</i>) Linnaeus, 1758 Отр. <i>Upupiformes</i> Сем. <i>Upupidae</i> Leach, 1820 Род <i>Upupa</i> Linnaeus, 1758
16	Удод (<i>Upupa epops</i>) Linnaeus, 1758 Отр. <i>Piciformes</i> Сем. <i>Picidae</i> Leach, 1820 Род <i>Picus</i> Linnaeus, 1758
17	Зеленый дятел (<i>Picus viridis</i>) Linnaeus, 1758 Отр. <i>Passeriformes</i> Сем. <i>Hirundinidae</i> Rafinesque, 1815 Род <i>Hirundo</i> Linnaeus, 1758
18	Деревенская ласточка (<i>Hirundo rustica</i>) Linnaeus, 1758 Сем. <i>Alaudidae</i> Vigors, 1825 Род <i>Galerida</i> Boie, 1828
19	Хохлатый жаворонок (<i>Galerida cristata</i>) Linnaeus, 1758 Род <i>Lullula</i> Kaup, 1829
20	Лесной жаворонок (<i>Lullula arborea</i>) Linnaeus, 1758 Сем. <i>Motacillidae</i> Horsfield, 1821 Род <i>Anthus</i> Bechstein, 1805
21	Полевой конек (<i>Anthus campestris</i>) Linnaeus, 1758 Род <i>Motacilla</i> Linnaeus, 1758
22	Белая трясогузка (<i>Motacilla alba</i>) Linnaeus, 1758 Сем. <i>Laniidae</i> Rafinesque, 1815 Род <i>Lanius</i> Linnaeus, 1758
23	Чернолобый сорокопуд (<i>Lanius minor</i>) Gmelin, 1788
24	Красноголовый сорокопуд (<i>Lanius senator</i>) Linnaeus, 1758 Сем. <i>Oriolidae</i> Vigors, 1825 Род <i>Oriolus</i> Linnaeus, 1766
25	Обыкновенная иволга (<i>Oriolus oriolus</i>) Linnaeus, 1758 Сем. <i>Sturnidae</i> Rafinesque, 1815 Род <i>Sturnus</i> Linnaeus, 1758
26	Обыкновенный скворец (<i>Sturnus vulgaris</i>) Linnaeus, 1758 Сем. <i>Corvidae</i> Leach, 1820 Род <i>Garrulus</i> Brisson, 1760
27	Сойка (<i>Garrulus glandarius</i>) Linnaeus, 1758 Род <i>Pica</i> Brisson, 1760
28	Обыкновенная сорока (<i>Pica pica</i>) Linnaeus, 1758 Род <i>Corvus</i> Linnaeus, 1758
29	Серая ворона (<i>Corvus cornix</i>) Linnaeus, 1758 Сем. <i>Sylviidae</i> Leach, 1820

	Род <i>Hippolais</i> Baldenstein, 1827
30	Бледная пересмешка (<i>Hippolais pallida</i>) Hermpch et Ehrenberg, 1833
	Род <i>Sylvia</i> Scopoli, 1769
31	Славка-завирушка (<i>Sylvia curruca</i>) Linnaeus, 1758
32	Белоусая славка (<i>Sylvia mystacea</i>) Menetries, 1832
	Сем. <i>Muscicapidae</i> Fleming, 1822
	Род <i>Oenanthe</i> Vieillot, 1816
33	Каменка-пleshанка (<i>Oenanthe pleschanka</i>) Lepechin, 1770
34	Каменка-плясунья (<i>Oenanthe isabellina</i>) Temminck, 1829
	Род <i>Cercotrichas</i> Boie, 1831
35	Тугайный соловей (<i>Cercotrichas galactotes</i>) Temminck, 1820
	Род <i>Luscinia</i> T.Forster, 1817
36	Южный соловей (<i>Luscinia megarhynchos</i>) C.L.Brehm, 1831
	Сем. <i>Paridae</i> Vigors, 1825
	Род <i>Parus</i> Linnaeus, 1758
37	Большая синица (<i>Parus major</i>) Linnaeus, 1758
	Сем. <i>Passeridae</i> Rafinesque, 1815
	Род <i>Passer</i> Brisson 1760
38	Домовой воробей (<i>Passer domesticus</i>) Linnaeus, 1758
39	Полевой воробей (<i>Passer montanus</i>) Linnaeus, 1758
	Сем. <i>Emberizidae</i> Vigors, 1825
	Род <i>Emberiza</i> Linnaeus, 1758
40	Черноголовая овсянка (<i>Granativora melanocephala</i>) Scopoli, 1769

Таблица 2. Сравнительный анализ численности гнездящихся птиц Сарыкума в зависимости от местообитаний в 2016-2022 гг.

Table 2. Comparative analysis of the nesting birds number in Sarykum depending on habitat in 2016-2022

Всего пар Total pairs	Биотопы Biotores									
	Лесонасаждения и кустарники Forest plantations and shrubs		Лугово-степные комплексы Meadow-steppe complexes		Пустыни и камни Deserts and rocks		Пойма реки Floodplain		Антропогенные постройки Anthropogenic buildings	
	Год Year	Пар (%) Pairs (%)	Год Year	Пар (%) Pairs (%)	Год Year	Пар (%) Pairs (%)	Год Year	Пар (%) Pairs (%)	Год Year	Пар (%) Pairs (%)
92	2016	22 (23,5)	2016	14 (15,2)	2016	14 (15,2)	2016	29 (31,5)	2016	13 (14,1)
85	2017	23 (28)	2017	25 (30)	2017	6 (7)	2017	22 (26)	2017	9 (10)
48	2018	19 (39)	2018	8 (17)	2018	1 (2)	2018	12 (25)	2018	8 (17)
82	2019	30 (36,6)	2019	11 (13,4)	2019	4 (4,9)	2019	23 (28)	2019	14 (17,1)
62	2020	28 (45,1)	2020	4 (6,4)	2020	3 (4,9)	2020	14 (22,6)	2020	13 (21)
58	2021	29 (49)	2021	5 (7)	2021	3 (5)	2021	12 (20)	2021	11 (19)
75	2022	36 (48)	2022	8 (10,6)	2022	3 (4)	2022	13 (17,4)	2022	15 (20)

Численность гнездящихся птиц (в парах) постоянно меняется в зависимости от местообитания. Полученные результаты динамики численности птиц представлены в таблице 2. Согласно результатам, наибольшая численность гнездящихся птиц за весь период исследований характерна лесонасаждениям, а наименьшая численность присуща пустынным местообитаниям. Антропогенные постройки характеризуются более постоянным чис-

лом гнездового населения. Пойме реки и лугово-степным местообитаниям в последние годы свойственны непостоянство и уменьшение численности гнездящихся птиц.

На протяжении всего периода многолетних исследований орнитофауны Сарыкума, нами проводились наблюдения по встречаемости птиц в различных местообитаниях [6-8].

На основе полученных результатов наблюдений был проведен сравнительный анализ экологических группировок гнездящихся птиц Сарыкума. Исходя из характерных мест обитания, на данной территории сложилась своеобразная орнитофауна, представленная всеми экологическими группами птиц: дендрофилы, склерофилы, кампофилы и лимнофилы (рис. 1).

В видовом и процентном соотношении преобладает группа дендрофилов, поскольку наибольшая часть исследуемых территорий занята древесно-кустарниковой растительностью. Данная группа представлена 23 видами птиц, что составляет 51 % от доли гнездового населения. Предпочтение в выборе мест размещения гнезд дендрофилами отдаётся наиболее распространенным на исследуемой территории древесным породам: тополь белый, вяз пробковый, робиния псевдоакация, шелковица, лох серебристый, груша иволистная, крушина Палласа.

Следующей по числу видов экологической группой являются склерофилы – 12 видов, что составляет 30 % от доли в населении. Данная экологическая группировка предпочитает гнездиться на скалах, антропогенных постройках и норах.

Группа птиц, гнездящаяся на открытых пространствах – кампофилы, представлена 5 видами (12 %). Представители данной группы населяют полупустынные биотопы вдоль бархана и пойменные луга реки

Шура-озень. Самая малочисленная группа – лимнофилы, чья жизнь непосредственно связана с водой. Несмотря на значительную протяженность реки вдоль исследуемых маршрутов, видовая численность лимнофилов составила 7 % (n=3) от общего количества видов экологических группировок.

Некоторым видам (*Falco tinnunculus*, *Coracias garullus*, *Upupa epops*, *Sturnus vulgaris*) присуща изменчивость гнездового поведения при выборе местообитания. В отдельных случаях представители данных видов предпочитают гнездиться как на деревьях, так и в норах, скалах, постройках человека.

Поскольку дендрофилы являются самой обширной экологической группировкой, нами был проведен анализ высоты расположения гнезд некоторых видов птиц Сарыкума. Всего по высоте расположения было проанализировано 251 гнездо, принадлежавшее 21 виду птиц. Определены максимальные и минимальные значения высотных интервалов (табл. 3). Согласно полученным данным максимальные высотные интервалы характерны таким видам, как европейский тювик, чеглок, пустельга, сизоворонка, чернолобый сорокопут, иволга, сойка, сорока, серая ворона. На небольшой высоте размещают свои гнезда белая трясогузка, красноголовый сорокопут, бледная пересмешка, черноголовая овсянка. Остальные виды гнездятся в пределах 4-9 м.

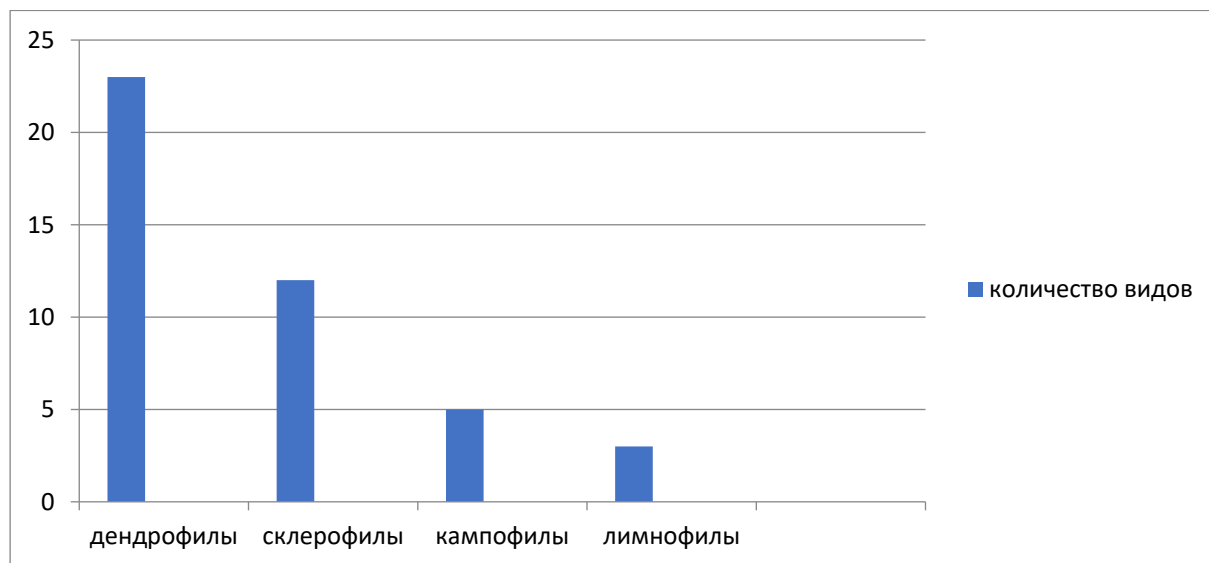


Рис. 1. Соотношение количества гнездящихся видов экологических групп орнитофауны Сарыкума

Fig. 1. The number ratio of the ecological groups nesting species of Sarykum avifauna

Таблица 3. Высота расположения гнезд некоторых видов птиц в 2016-2022 гг.

Table 3. Height of some bird species nests in 2016-2022

№	Название вида Species	Количество гнезд Number of nests	Высотные интервалы (м) Altitudinal intervals (m)	
			max	min
1	<i>Accipiter brevipes</i>	32	18	6
2	<i>Falco subbuteo</i>	5	16	10
3	<i>Falco tinnunculus</i>	9	14	4
4	<i>Otus scops</i>	3	10	2,5
5	<i>Coracias garullus</i>	3	11	2
6	<i>Upupa epops</i>	2	7	3,5
7	<i>Columba livia</i>	4	9	3
8	<i>Picus viridis</i>	5	8	3,5
9	<i>Hirunda rustica</i>	20	5	2
10	<i>Motacilla alba</i>	2	1,4	0,5
11	<i>Lanius senator</i>	4	1,8	1
12	<i>Lanius minor</i>	31	12	2
13	<i>Oriolus oriolus</i>	11	17	6
14	<i>Sturnus vulgaris</i>	36	7	2
15	<i>Garrulus glandarius</i>	5	13	6,5
16	<i>Pica pica</i>	40	13	2
17	<i>Corvus cornix</i>	5	14	5
18	<i>Hippolais pallida</i>	2	1,6	1
19	<i>Oenanthe pleschanka</i>	4	4	2,5
20	<i>Passer montanus</i>	3	6	2,8
21	<i>Granativora melanocephala</i>	25	1,5	0,2

Заклучение

В результате многолетних исследований на пробном участке заповедника «Сарыкумские барханы» установлено гнездование 40 видов птиц, относящихся к 10 отрядам, 24 семействам и 34 родам. В зависимости от мест гнездований проведен анализ численности орнитофауны. Наиболее высокой численностью на протяжении всего периода наблюдений отличаются лесонасаждения с кустарниковыми зарослями: в 2016 году – 22 пары (23,5 %), в 2017 году – 23 пары (28 %), в 2018 году – 19 пар (39 %), в 2019 году – 30 пар (36,6 %), в 2020 году – 28 пар (45,1 %), в 2021 году – 29 пар (49 %), в 2022 году – 36 пар (48 %). Непостоянство и уменьшение численности свойственно лугово-степным биотопам: в 2016 году – 14 пар (15,2 %), в 2017 году – 25 пар (30 %), в 2018 году – 8 пар (17 %), в 2019 году – 11 пар (13,4 %), в 2020 году – 4 пары (6,4 %), в 2021 году – 5 пар (7 %), в 2022 году – 8 пар (10,6 %). Пойме реки также характерно уменьшение численности гнездового населения в последние годы: в 2016 году – 29 пар (31,5 %), в 2017 году – 22 пары (26 %), в 2018 году – 12 пар (25 %), в 2019 году – 23 пары (28 %), в 2020 году – 14 пар (22,6 %), в 2021 году –

12 пар (20 %), в 2022 году – 13 пар (17,4 %). Наименьшей постоянной численностью характеризуются пустыни и каменистые склоны: в 2016 году – 14 пар (15,2 %), в 2017 году – 6 пар (7 %), в 2018 году – 1 пара (2 %), в 2019 году – 4 пары (4,9 %), в 2020 году – 3 пары (4,9 %), в 2021 году – 3 пары (5 %), в 2022 году – 3 пары (4 %). Антропогенные постройки отличаются более постоянным количеством гнездящихся птиц: в 2016 году – 13 пар (14,1 %), в 2017 году – 9 пар (10 %), в 2018 году – 8 пар (17 %), в 2019 году – 14 пар (17,1 %), в 2020 году – 13 пар (21 %), в 2021 году – 11 пар (19 %), в 2022 году – 15 пар (20 %). Таким образом, численность гнездящихся птиц в 2016 году составила 92 пары, в 2017 году – 85 пар и в 2018 году – 48 пар, в 2019 году – 82 пары, в 2020 году – 62 пары, в 2021 году – 58 пар и в 2022 году – 75 пар.

Исходя из выбора мест обитания, гнездовое население Сарыкума представлено следующими экологическими группами: дендрофилы, склерофилы, кампофилы и лимнофилы. Среди экологических групп преобладают дендрофилы – 51 %, склерофилы составляют 30 % орнитофауны, кампофилы и лимнофилы соответственно – 12 % и 7 %.

Для каждого вида отмечены свои предпочтения в выборе субстрата и размещения гнезд на нем. Получены и обобщены сведения по высоте расположения гнезд (n=251) некоторых видов птиц (n=21) на исследуемом участке. Максимальные вы-

сотные интервалы колеблются в пределах 10-18 м, минимальные – 0,2-3,5 м.

Ежегодный мониторинг позволяет пополнять данные об экологических особенностях, численности и изменений среды обитания гнездящихся видов птиц.

Список источников

1. Организация и методы учета птиц и вредных грызунов / отв. ред. А. Н. Формозов, Ю. А. Исаков. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 256 с.
2. Новиков Г. А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных животных. М: Совет. наука, 1949. 602 с.
3. Равкин Ю. С. К методике учета птиц в лесных ландшафтах // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66-75.
4. Романов В. В., Мальцев И. В. Методы исследований экологии наземных позвоночных животных: количественные учеты. Владимир: Изд-во Владимирского государственного университета, 2005. 78 с.
5. Степанян Л. С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). М.: Академкнига, 2003. 806 с.
6. Джигерова Ф. М. О численности гнездящихся птиц вдоль восточной границы участка "Сарыкумские барханы" Дагестанского заповедника // Труды государственного природного заповедника "Дагестанский". 2016. № 12. С. 101-104. EDN: XXZIJV
7. Джигерова Ф. М. Численность и население птиц Сарыкумского участка заповедника за последние четыре года // Труды государственного природного заповедника "Дагестанский". 2019. № 15. С. 68-73.
8. Джигерова Ф. М. Особенности экологии и динамика численности европейского тювика (*Accipiter brevipes*) на участке "Сарыкумские барханы" заповедника "Дагестанский" и его охранной зоне // Труды государственного природного заповедника "Дагестанский". 2022. № 18. С. 91-97.

References

1. Formozov AN, Isakov YuA. Organization and methods of birds and harmful rodents recording. Moscow: The USSR Academy of Sciences, 1963:256. (In Russ)
2. Novikov GA. Field studies on the ecology of terrestrial vertebrate animals. Moscow: Sovet Science, 1949:602. (In Russ)
3. Ravkin YuS. Methodology for birds counting in forest landscapes. *Foci nature of tick-borne encephalitis in Altai*. Novosibirsk, 1967:66-75. (In Russ)
4. Romanov VV, Maltsev IV. Methods for researching the ecology of terrestrial vertebrate animals: quantitative records. Vladimir: Vladimir State University, 2005:78. (In Russ)
5. Stepanyan LS. Abstract of the ornithological fauna in Russia and adjacent territories (within the borders of the USSR as a historical region). Moscow: Akademkniga, 2003:806. (In Russ)
6. Dzhigerova FM. On the number of nesting birds along the eastern border of the Sarykum Dunes site in Dagestan Nature Reserve. *Proceedings of Dagestan State Natural Reserve*. 2016(12):101-104. (In Russ). EDN: XXZIJV
7. Dzhigerova FM. Number and population of birds in the Sarykum section of the reserve over the past four years. *Proceedings of Dagestan State Natural Reserve*. 2019(15):68-73. (In Russ)
8. Dzhigerova FM. Ecological features and population dynamics of the European tuvik (*Accipiter brevipes*) in the Sarykum Dunes section of Dagestan Nature Reserve and its protected zone. *Proceedings of Dagestan State Natural Reserve*. 2022(18):91-97. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Джигерова Фарида Мирзекулиевна, научный сотрудник, Государственный природный биосферный заповедник «Дагестанский», Махачкала, Россия, f.mirzekulieva@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-0200-5723>

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Affiliation

Farida M. Dzhigerova, Researcher, Dagestan State Nature Biosphere Reserve, Makhachkala, Russia, f.mirzekulieva@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-0200-5723>

Статья поступила в редакцию 01.09.2023
Одобрена после рецензирования 06.09.2023
Принята к публикации 11.09.2023

The article was submitted 01.09.2023
Approved after reviewing 06.09.2023
Accepted for publication 11.09.2023

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 504.064.2.001.18
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-24-32
EDN: YQGKGX

Применение комплексных подходов к освоению водных ресурсов и водопользованию на территории Воронежской области

© 2023 Баскакова А. Г. [✉]1, Козлов А. Т. ², Мазуров Г. И. ³

¹ Воронежский государственный университет
Воронеж, Россия, geoecolog@mail.ru [✉]

² Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»
Воронеж, Россия, kozlov2015@yandex.ru

³ Главная геофизическая обсерватория имени А. И. Воейкова
Санкт-Петербург, Россия, nanmaz@rambler.ru

РЕЗЮМЕ. В работе использовались современные данные о структуре водопользования Воронежской области Донского бассейна. **Цель.** Оценка потенциальных экологических рисков для населения, связанных с водным фактором. **Материалы и методы.** Использованы статистические данные эколого-экономических показателей, которые впоследствии были объединены в укрупненные группы. В каждой группе параметров выделены основные и усугубляющие показатели, которые нормируются для приведения их к безразмерному виду. **Результатом** стала методика оценки рисков водопользования на территории Воронежской области по интегральным показателям. На основе выполненных расчетов проведено зонирование территории речного бассейна по совокупной антропогенной нагрузке. **Выводы.** Полученные данные могут служить дополнительной информацией для принятия управленческих решений по снижению экологических рисков для населения, связанных с водным фактором.

Ключевые слова: антропогенная нагрузка, речной бассейн, отрасли водопотребления, водные объекты.

Формат цитирования: Баскакова А. Г., Козлов А. Т., Мазуров Г. И. Применение комплексных подходов к освоению водных ресурсов и водопользованию на территории Воронежской области // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 3. С. 24-32. 10.31161/1995-0675-2023-17-3-24-32. EDN: YQGKGX

Integrated Approaches to the Development of Water Resources and Water Use in the Voronezh Region

© 2023 Anna G. Baskakova [✉]1, Alexandr T. Kozlov ², Gennady I. Mazurov ³,

¹ Voronezh State University

Voronezh, Russia, geoecolog@mail.ru [✉]

² Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N. E. Zhukovsky
and Y. A. Gagarin Air Force Academy

Voronezh, Russia, kozlov2015@yandex.ru

³ Voeikov Main Geophysical Observatory
Saint Petersburg, Russia, nanmaz@rambler.ru

ABSTRACT. The article deals with the modern data on the structure of water use in the Voronezh Region of the Don basin. The **aim** of the paper is the assessment of potential environmental risks for the population associated with the water factor. **Materials and methods.** Statistical data of environmental and economic indicators were used, which were subsequently combined into larger groups. The main and aggravating indicators are identified in each group of parameters, which are normalized to bring them to a dimensionless form. The **result** was a methodology for assessing the risks of water use in the Voronezh region according to integral indicators. Based on the calculations performed, zoning of the river basin territory was carried out according to the total anthropogenic load. **Conclusions.** The data obtained can be additional information for making management decisions to reduce environmental risks for the population associated with the water factor.

Keywords: anthropogenic load, river basin, water consumption sectors, water bodies.

For citation: Baskakova AG, Kozlov AT, Mazurov GI. Integrated Approaches to the Development of Water Resources and Water Use in the Voronezh Region. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2023;17(3):24-32 (In Russ.). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-24-32. EDN: YQGKGX

Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения сегодня большинство стран оказывают беспрецедентную нагрузку на водные ресурсы. Бассейн р. Дон принадлежит к числу наиболее обжитых и экономически развитых районов РФ. В таблице 1 показано распределение территории бассейна реки по областям Центрально-Черноземного района.

Территория Воронежской области относится к недостаточно увлажненной зоне по ряду особенностей. Во-первых, климатические (температура, осадки), так как они влияют на формирование поверхностного речного стока.

Во-вторых, по берегам крупных водотоков располагаются крупнейшие центры-водопотребители (Воронеж, Курск, Липецк, Белгород), которые усиливают нагрузку на водные объекты путем увеличения объемов забора воды на промышленные нужды и сброс загрязненных сточных вод в эти же водоемы [1; 2].

Доступ к источникам воды надлежащего качества для различных целей (промышленность, коммунально-бытовое и сельское хозяйство) становится затруднительным из-за быстрого роста населения и развития агропромышленного комплекса. Кроме того, качество поверхностных вод зависит от природных явлений, естественных процессов, происходящих в результате эвтрофикации и антропогенных причин [3; 4].

Таблица 1. Административное деление территории бассейна р. Дон по областям Центрально-Черноземного района [5]

Table 1. Administrative division of the Don river basin territory by Central Chernozem Region [5]

Область Region	Площадь, тыс. км ² Area, 1000 km ²	В т. ч. бассейн р. Дон Including the Don River basin	
		Тыс. км ² 1000 km ²	%
Белгородская	27,0	21,8	80,4
Воронежская	52,2	52,4	100,0
Курская	30,0	6,6	22,1
Липецкая	24,0	24,0	99,6
Тамбовская	34,5	20,7	60,3

Воронежская область – один из наиболее быстро развивающихся субъектов России.

Воронежская область занимает 3 место в ЦФО и по численности экономически активного населения, уступая только Москве и Московской области [6]. Область имеет самый значительный в ЦФО размер посевной площади сельскохозяйственных культур. К значимым характеристикам аграрного сектора Воронежской области относятся: существенный рост производительности труда, процесс интеграции сельскохозяйственных и промышленных предприятий, в том числе посредством объединения ресурсов нескольких муниципальных районов, ориентированных на развитие отрасли в регионе [7; 8].

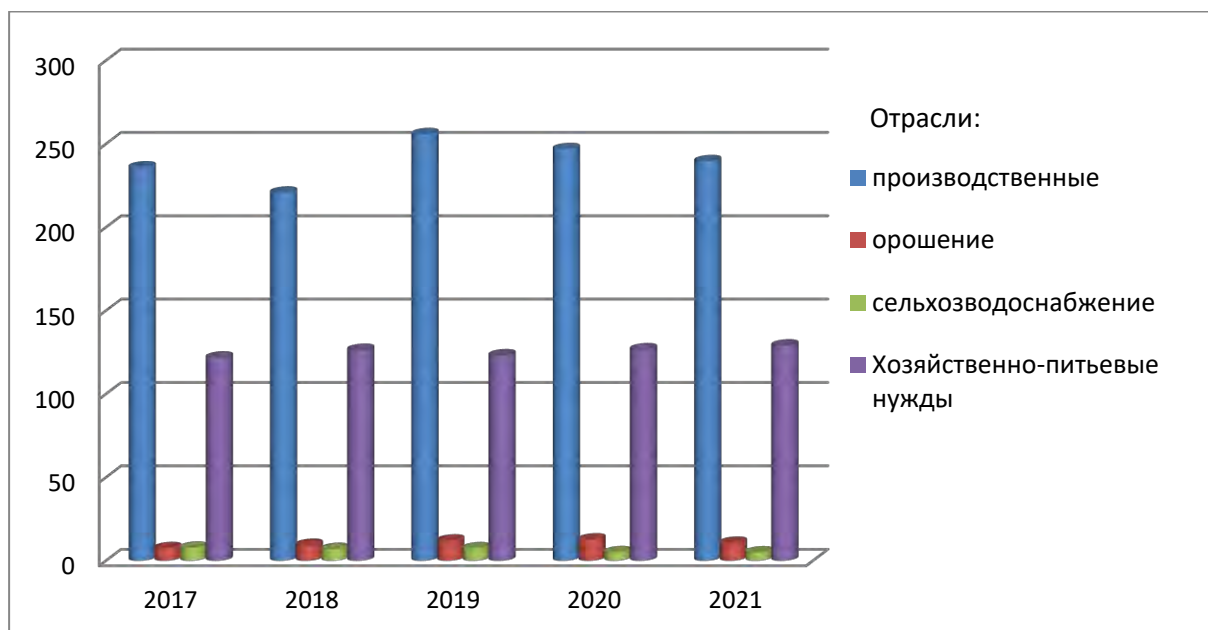


Рис. 1. Динамика водопотребления по отраслям на территории Воронежской области 2017-2021 гг. [5]

Fig. 1. Water consumption sectors in dynamics by industry in the Voronezh Region 2017-2021 [5]

На территории региона функционирует многоотраслевой водохозяйственный комплекс. Поверхностные воды области относятся целиком к бассейну р. Дон, который протекает по многим областям РФ, и его ресурсы являются источником водоснабжения населения и промышленности этих территорий. Отсюда следует вывод, что необходимо оценивать совокупную нагрузку всех факторов на речной бассейн.

Водозабор осуществляется из поверхностных и подземных источников (табл. 2).

Таблица 2. Забор воды из водных объектов Воронежской области в 2017-2021 гг., млн м³ (по материалам государственных докладов [5])

Table 2. Water intake from water bodies of the Voronezh Region in 2017-2021, 1 000 000 m³ (based on government reports [5])

Забор воды из водных объектов Water intake from water bodies	2017	2018	2019	2020	2021
Общий забор	412,44	405,48	438,44	425,53	409,92
Подземные источники	193,88	199,06	196,65	194,72	184,80
Поверхностные источники	218,56	206,42	241,79	230,81	225,12

Общие расходы свежей воды на промышленные, сельскохозяйственные, коммунально-бытовые и прочие нужды в 2017 г. составляли 373 млн м³, в 2019 г. их величина равнялась 398 млн м³, а в 2021 величина снова снизилась до 384 млн м³. При этом в 2021 г. на промышленное водопотребление приходилось 63 % (240 млн м³), сельскохозяйственное, включая орошение, – 4 % (16 млн м³), коммунально-бытовое – 33 % (129 млн м³) от общего объема используемой воды [5] (рис. 1). (Исследование выполнялось при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-05-00779, в период с 2019 по 2022 г.)

Материалы и методы исследования

Чтобы комплексно оценить все состояние водного объекта, была разработана унифицированная методика региональной оценки по уровню антропогенной нагрузки и рискам водопользования [9].

Экологические риски водопользования определяются следующими условиями [10; 11]: а) природным гидрохимическим составом вод, который может модифицироваться при техногенных воздействиях (загрязненные стоки, гидротехническое строительство и т.д.);

б) воздействием водопользования на прилегающие ландшафты и хозяйственную деятельность населения при различных типах природообустройства и регионального водопользования (сельско-

хозяйственного, лесопользования, рекреационного у водоемов и т.д.); в) качеством питьевого водоснабжения, которое в определенной степени может быть связано с состоянием поверхностных вод в условиях интенсивных техногенных воздействий на воды.

Основой методики послужила адаптация алгоритма Н. В. Стоящевой на примере водосборной территории бассейна р. Иртыш [12], а также использование авторских интегральных показателей, которые были объединены в следующие группы (рис. 2):

1 группа: факторы размещения производства

1. Распаханность территории (%) – отношение площади пашни к общей площади сельскохозяйственных угодий, что свидетельствует об интенсивности использования территории для земледелия.

2. Плотность населения (чел/км²) – показатель, характеризующий демографическую нагрузку на водосборную площадь.

3. Плотность промышленности (тыс. руб./км²) – общий объем отгруженной промышленной продукции в регионе, приходящийся на 1 км²

4. Животноводческая нагрузка (голов скота/км²) – определяется плотностью поголовья молочного и мясного скота, коров, свиней, мелкого рогатого скота (овцы/козы), птицы, что характеризует интенсивность использования территории бассейна р. Дон и его притоков для развития животноводства.

2 группа: факторы загрязнения водного бассейна

5. Сбросы загрязнённых сточных вод (млн м³) определяется количеством м³ недостаточно очищенных сточных вод с промышленных предприятий, объектов пищевой, перерабатывающей промышленности и жилищно-коммунального комплекса.

6. Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) – гидрохимический показатель, показывающий уровень загрязненности воды по отношению к ПДК загрязняющих веществ в водных объектах.

3 группа: факторы риска здоровью человека

7. Объем отходов ТКО (тыс. т/год). Этот показатель рассматривается по причине того, что в Воронежской области преобладают несанкционированные свалки. Фильтрат с них может просачиваться в

подземные водоносные горизонты из-за дождей, распространяться в соседнюю речную систему с подземными водами и загрязнять окружающую среду.

8. Популяционный риск для здоровья, связанный с неудовлетворительным качеством питьевой воды. В последнее время население некоторых участков региона употребляет воду, не отвечающую гигиеническим нормативам по содержанию в ней химических веществ, по данным государственных докладов [5]. В воде присутствует ряд элементов, обладающих канцерогенным и мутагенным эффектом, что непосредственно влияет на здоровье человека, а именно на сердечно-сосудистую систему, ЖКТ.

Степень остроты нагрузки определялась путем ранжирования методом естественных групп в ГИС MapInfo Professional.

Интенсивность антропогенной нагрузки определялась методом рангового распределения естественных групп в результате было выделено 4 степени риска (табл. 3).

Комплексный метод заключается в построении системы индексов оценки, которая измеряет интенсивность человеческой деятельности с учетом различных факторов, включая численность населения, сельскохозяйственную деятельность, социальное и экономическое развитие.

Результаты и их обсуждение

Результатом оценки показателей стало составление карты рисков водопользования (рис. 3).

К очень высокому риску водопользования относится территория городского округа г. Воронеж. Она выделена отдельной группой т. к. Воронеж является крупным культурным и индустриальным городом-миллионником Центрального Черноземья, и, в свою очередь, является источником повышенной антропогенной нагрузки.

К высокому риску отнесены территории Рамонского, Семилукского, Лискинского, Россопанского и Хохольского районов.

Таблица 3. Шкала интенсивности антропогенной нагрузки

Table 3. Anthropogenic load intensity scale

Интенсивность нагрузки, балл			
<i>Load intensity, point</i>			
очень высокий	высокий	средний	низкий
более 2,35	0,65-2,35	0,46-0,65	0,37-0,46

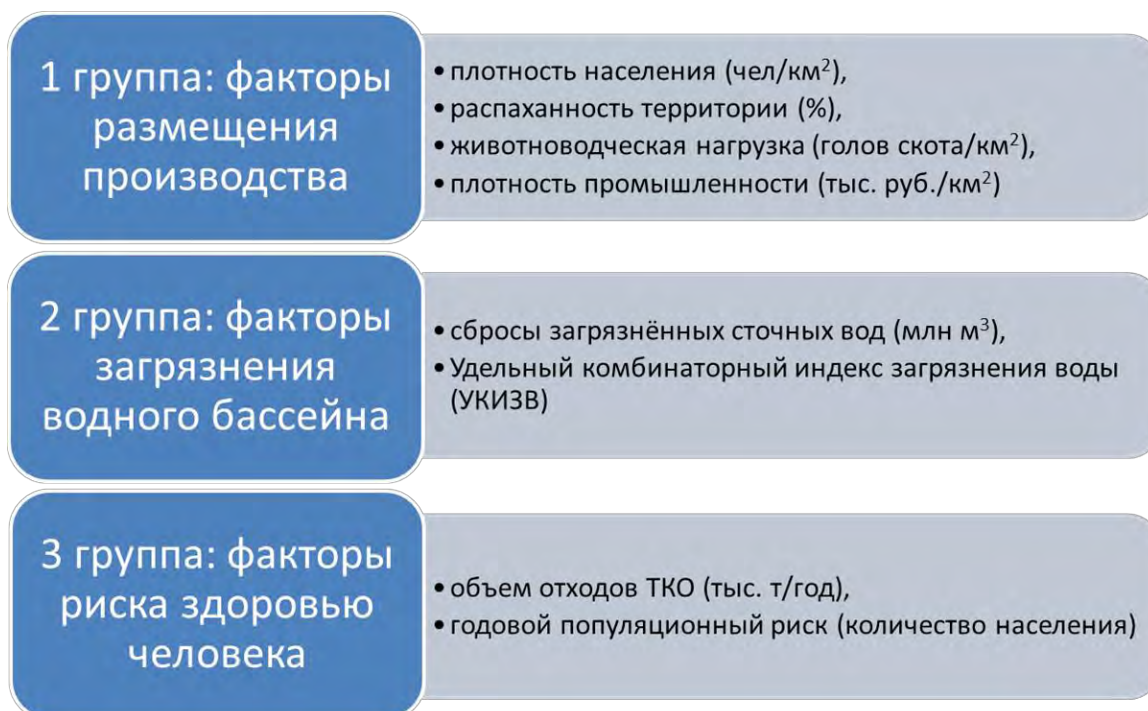


Рис. 2. Показатели расчета антропогенной нагрузки
Fig.2. Indicators for calculating anthropogenic load

Кроме Воронежа среди других городов большими объемами производства и своеобразием его отраслевой структуры выделяются Лиски, Борисоглебск, Россошь. Рассредоточенные по территории области они образуют промышленные комплексы. Но объединяет их главный фактор развития промышленности – пересечение транспортных магистралей.

Средней остротой риска характеризуются территории Каширского, Острогожского и Павловского районов. В свою очередь, этим районам присуще развитие промышленного потенциала, характерное для территории Воронежской области, за счет технологической модернизации производств, ускоренного развития отраслей, наиболее передовых в технологическом отношении, развитие местной промышленности [13; 14]. Так, расположенная на территории Каширского района НВАЭС – одна из 11 действующих российских атомных электростанций, находящихся в ведении концерна «Росэнергоатом». Поскольку проводятся частые мониторинговые исследования, на объектах Нововоронежской АЭС радиационный фон не превышает значений естественного природного фона не превышает значений естественного природного фона.

Низкими значениями риска обладают Каменский, Подгоренский, Верхнемамонский и Богучарский районы [15], что и показывает рисунок 3.

Производственная сфера этих районов представлена, в основном, строительными предприятиями и сельским хозяйством. Нахождение вблизи населенных пунктов промышленных площадок, животноводческих ферм, скотных дворов и откормочных площадок может негативно повлиять на качество воды, например, наличие патогенных веществ, вызывающие заболевания человека [16].

Водные ресурсы и их рациональное использование требуют постоянного качественного и количественного контроля. Надлежащая оценка степени загрязнения воды используется в качестве ориентира для управления водными объектами. Одним из основных подходов, необходимых для решения проблемы загрязнения водных объектов, является поиск новых, более эффективных методов оценки качества воды. К примеру, использование новейших технологий, включая искусственный интеллект для обработки большого массива данных и применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга наземных и прибрежных территорий.

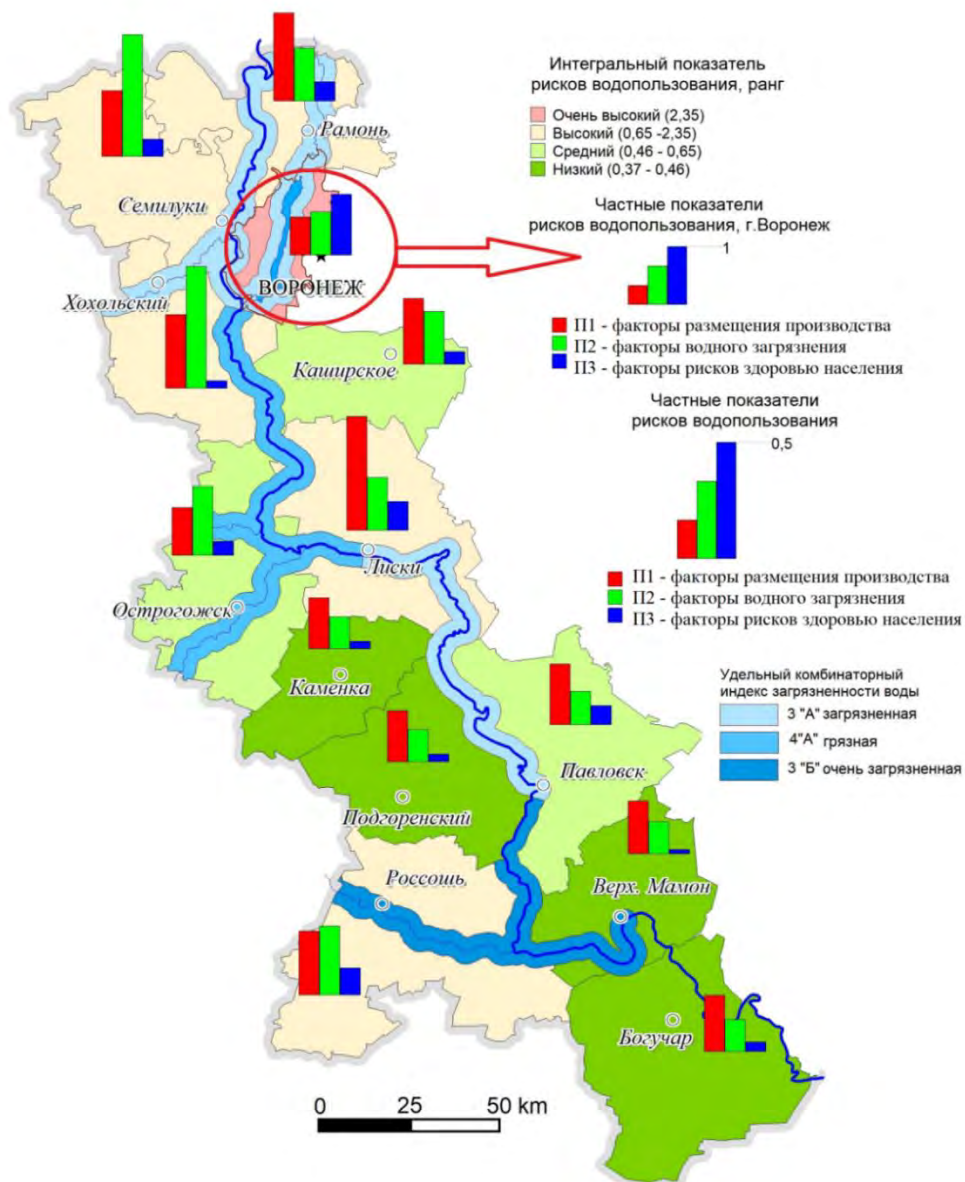


Рис. 3. Карта экологических рисков на территории Донского бассейна (картографическая модель)

Fig.3. Map of environmental risks in the Don Basin (cartographic model)

Заключение

Методика рисков водопользования может быть применена не только для количественной оценки химического состава, но и для оценок последствий антропогенной деятельности.

Влияние урбанизации на водные объекты можно рассматривать с двух позиций: во-первых, урбанизация вызывает некоторые проблемы водной среды, такие как зловоние, темно-зеленый цвет, утрата биоразнообразия водных видов. Увеличение городских непроницаемых поверхностей также изменяет поверхностный сток, пиковый расход, частоту ливневых стоков

и пополнение запасов грунтовых вод; во-вторых, водные ресурсы необходимы не только для удовлетворения повседневных потребностей горожан, но и для обеспечения устойчивой работы промышленности и сельского хозяйства [14].

Чтобы укрепить водную безопасность на фоне неудовлетворительного качества водных объектов, необходимо вносить изменения в нормативно-правовую базу, проводить более эффективный мониторинг качества воды в контрольных точках, инвестировать в технологии для повышения качества очистных сооружений.

Список источников

1. Дмитриева В. А., Литвинов П. В. Водообеспеченность муниципальных районов Воронежской области как следствие природных особенностей их территорий // Муниципальные образования регионов России: проблемы исследования, развития и управления: материалы V Всероссийской межведомственной научно-практической конференции с международным участием (Воронеж, 10–12 ноября 2022 г.). Воронеж, 2022. С. 215-219. EDN: XDPISB
2. Дмитриева В. А. Структура использования водных ресурсов в Воронежской области // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2010. № 5. С. 28-40. EDN: LOVNIV
3. Попова К. Ю. Значение водных ресурсов и систем водопользования в сельском хозяйстве России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2023. № 2(96). С. 131-140. DOI: 10.33938/232-131. EDN: TFHNUK
4. Смольянинов В. М., Щербинина С. В. Интегральные показатели в оценке антропогенного давления на территорию речных водосборов Воронежской области // Эколого-географические исследования в речных бассейнах: материалы четвертой Всероссийской научно-практической конференции. Воронеж, 2014. С. 191-196. EDN: AQIAAS
5. Воронежский статистический ежегодник. Воронеж: Воронежстат, 2022. 288 с.
6. Ясинский С. В., Сидорова М. В. Динамика водоёмкости в России и её регионах // Вопросы географии. 2018. № 145. С. 406-413. EDN: XNFPQD
7. Раткович Д. Я. Актуальные проблемы водообеспечения: монография. Москва: Наука, 2003. 352 с. EDN: QKDXGL
8. Проект Стратегии социально-экономического развития Воронежской области на период до 2035 года. URL: <https://economy.gov.ru/material/file/60ba72d9086f2c60869715657943c065/voronezh.pdf> (дата обращения: 18.07.2023)
9. Баскакова А. Г., Куролап С. А., Нестеров Ю. А. Оценка экологических рисков водопользования на территории крупного речного бассейна // Региональная гидроэкологическая диагностика: сборник научных статей. Воронеж, 2022. С. 15-30. EDN: CWWYPH
10. Крупко А. Э., Михно В. Б. Факторы, проблемы и основные направления устойчивого развития Центрально-Черноземного района // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2019. № 1. С. 55-73. EDN: WYLIFJ
11. Данилов-Данильян В. И., Хранович И. Л. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования: монография. М.:

References

1. Dmitrieva VA, Litvinov PV. Water supply of municipal districts in the Voronezh Region as a consequence of their territories' natural features. *Municipalities of Russian Regions: Issues of Research, Development and Management: Proceedings of the 5th All-Russian Interdepartmental Scientific and Practical Conference with International Participation (Voronezh, November 10-12, 2022)*. Voronezh, 2022:215-219. (In Russ). EDN: XDPISB
2. Dmitrieva VA. Water resources use structure in Voronezh Oblast. *Vodnoe Khozyaystvo Rossii: Problemy, Tekhnologii, Upravlenie*. 2010(5):28-40. (In Russ). EDN: LOVNIV
3. Popova KY. The significance of water resources and water use systems in agriculture in Russia. *Ekonomika, Trud, Upravlenie v Sel'skom Khozyaystve*. 2023(2(96)):131-140. (In Russ). DOI: 10.33938/232-131. EDN: TFHNUK
4. Smolyaninov VM, Shcherbinina SV. Integral indicators in assessing anthropogenic pressure on the territory of river catchment areas in the Voronezh Region. *Ecological and Geographical Studies in River Basins: Proceedings of the Fourth All-Russian Scientific and Practical Conference*. Voronezh, 2014:191-196. (In Russ). EDN: AQIAAS
5. Voronezh statistical yearbook. Voronezh: Voronezhstat, 2022:288. (In Russ).
6. Easinsky SV, Sidorova MV. Dynamics of water intensity of the economy in Russia and its regions. *Voprosy Geografii*. 2018(145):406-413. (In Russ). EDN: XNFPQD
7. Ratkovich DYa. Current problems of water supply: monograph. Moscow: Nauka, 2003:352. (In Russ). EDN: QKDXGL
8. Draft Strategy for the socio-economic development of the Voronezh Region for the period until 2035. URL: <https://economy.gov.ru/material/file/60ba72d9086f2c60869715657943c065/voronezh.pdf> (accessed 18.07.2023). (In Russ).
9. Baskakova AG, Kurolap SA, Nesterov YuA. Assessment of water use environmental risks in the territory of a large river basin. *Regional Hydroecological Diagnostics: Collection of Scientific Articles*. Voronezh, 2022:15-30. (In Russ). EDN: CWWYPH
10. Krupko AE, Mikhno VB. The factors, problems and main directions of sustainable development of the Central Black Soil Region. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2019(1):55-73. (In Russ). EDN: WYLIFJ
11. Danilov-Danilyan VI, Khranovich IL. Management of water resources. Coordination of water use strategies: monograph. Moscow: Nauchnyy mir, 2010:229. (In Russ). EDN: QUHDKX
12. Stoyashcheva NV, Rybkina ID. Assessment of anthropogenic load on the drainage area and water bodies of the Irtysh river transboundary basin.

Научный мир, 2010. 229 с. EDN: QUHDKX

12. Стоящева Н. В., Рыбкина И. Д. Оценка антропогенной нагрузки на водосборную территорию и водные объекты трансграничного бассейна р. Иртыш // Ползуновский вестник. 2011. № 4-2. С. 98-102. EDN: OIJBHF

13. Крупко А. Э. Экологические аспекты и направления устойчивого развития населения Воронежской области // Тренды современной географии и географического образования: материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Курск, 21-22 апреля 2022 г.). Курск, 2022. С. 162-169. EDN: LMHHLF

14. Жарницкая Н. Ф. Современное состояние и оценка эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2012. № 3(13). С. 92-100. EDN: PDUQXH

15. Баскакова А. Г. Козлов А. Т., Сумин А. И. Геоэкологическая оценка водосборной территории по уровню антропогенной нагрузки // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 4. С. 95-101. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2022/4/95-101. EDN: ZSUWHX

16. Клепиков О. В., Калашников Ю. С., Оберемко В. А., Баскакова А. Г. Геоэкологический анализ влияния техногенных факторов на качество воды в реке Дон // Экогеохимия и биоиндикация техногенных рисков территорий интенсивного антропогенного освоения: сборник научных статей. Воронеж, 2018. С. 75-88. EDN: YVTCSD

Polzunovskiy Vestnik. 2011(4-2):98-102. (In Russ). EDN: OIJBHF

13. Krupko AE. Ecological aspects and directions of sustainable development of the population of Voronezh Region. *Trends in Current Geography and Geographical Education: Proceedings of the 3rd All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation (Kursk, April 21-22, 2022)*. Kursk, 2022:162-169. (In Russ). EDN: LMHHLF

14. Zharnitskaya NF. Current status and performance evaluation use of water resources in agriculture. *Proceedings of Higher Educational Institutions. Series: Economics, Finance and Production Management*. 2012(3(13):92-100. (In Russ). EDN: PDUQXH

15. Baskakova AG, Kozlov AT, Sumin AI. Geoecological assessment of the watershed area according to the level of anthropogenic load. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2022(4):95-101. (In Russ). DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2022/4/95-101. EDN: ZSUWHX

16. Klepikov OV, Kalashnikov YuS, Oberemko VA, Baskakova AG. Geoecological analysis of the influence of technogenic factors on water quality in the Don River. *Ecogeochemistry and Bioindication of Technogenic Risks for Territories of Intensive Anthropogenic Development: Collection of Scientific Papers*. Voronezh, 2018:75-88. (In Russ). EDN: YVTCSD

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Баскакова Анна Геннадьевна, кандидат географических наук, преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, geoecolog@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2132-9094>

Козлов Александр Тимофеевич, доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия, kozlov2015@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1928-7059>

Мазуров Геннадий Иванович, доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник, Главная геофизическая обсерватория имени А. И. Воейкова, Санкт-Петербург, Россия, nanmaz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8669-612X>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Anna G. Baskakova, Ph.D. (Geography), Lecturer, Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia, geoecolog@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2132-9094>

Alexandr T. Kozlov, Doctor of Science (Biology), Professor, Senior Researcher, Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Air Force Academy, Voronezh, Russia, kozlov2015@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1928-7059>

Gennady I. Mazurov, Doctor of Science (Geography), Professor, Chief Researcher, Voeikov Main Geophysical Observatory, Saint Petersburg, Russia, nanmaz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8669-612X>

Критерии авторства

Баскакова А. Г. – проведение натурных измерений и сбор образцов, анализ и статистическая обработка результатов, подготовка картографического материала; Мазуров Г. И., Козлов А. Т. – общий анализ материала, подготовка и редактирование статьи.

Contribution of the authors

Baskakova A. G. – field measurements and collection of samples, analysis and statistical processing of results, cartographic material preparation; Mazurov G. I., Kozlov A. T. – general analysis of the material, preparation and editing of the article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 24.07.2023
Одобрена после рецензирования 31.08.2023
Принята к публикации 01.09.2023

The article was submitted 24.07.2023
Approved after reviewing 31.08.2023
Accepted for publication 01.09.2023

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 911.9
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-32-40
EDN: YCWLLA

Режимы дорожного движения по ключевым магистралям центральной части города Читы

© 2023 Борисов В. Н. ✉, Новиков А. Н.

Забайкальский государственный университет

Чита, Россия, vladimir.88borisov@yandex.ru ✉; geonov77@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Цель исследования – транспортная экспертиза центростремительного и центробежного режимов дорожного движения на ключевых городских магистралях (на примере г. Читы Забайкальского края) в утреннее и вечернее время. **Методы.** Исследование выполнено путем натурных измерений при использовании диалектического и общенаучного методов, а также специфических географических методов. **Результаты.** Проведенное исследование позволило выявить территориальные различия скорости автомобильного трафика в центральной части г. Читы, а также предложить способы его корректировки для решения проблем, связанных с образованием заторов. **Выводы.** Путем интегральной оценки на территории центральной части г. Читы выявлены проблемные зоны, где средняя скорость транспортного потока сильно снижена. Затруднения в движении транспортных средств в центральной части города во время утреннего и вечернего часа пик в центробежном направлении наблюдается ближе к центральной части городского ядра. На данных участках заторы образуются обычно на перекрестках, рядом с остановками общественного транспорта, а также на отрезках с кольцевым движением. Для обеспечения значительного повышения пропускной способности в зонах, где наблюдается значительное снижение скорости, необходимы некоторые меры корректировки: организация реверсивного движения, расширение узких участков улиц, организация одностороннего движения и оборудование двухуровневой развязки.

Ключевые слова: центростремительное и центробежное движение, локальные планировочные мероприятия, меры корректировки, ключевые магистрали, г. Чита.

Формат цитирования: Борисов В. Н., Новиков А. Н. Режимы дорожного движения по ключевым магистралям центральной части города Читы // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 3. С. 32-40. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-32-40. EDN: YCWLLA

Traffic Modes Along Key Highways in the Central Part of Chita City

© 2023 Vladimir N. Borisov✉, Alexander N. Novikov

Transbaikal State University

Chita, Russia, vladimir.88borisov@yandex.ru✉; geonov77@mail.ru

ABSTRACT. The aim of the paper is the transport expertise of centripetal and centrifugal modes of traffic on key urban highways (using Chita city as a case study) in the morning and evening. **Methods.** This study was carried out by field measurements, dialectical and general scientific methods, as well as specific geographical methods. **Results.** The study made it possible to identify territorial differences in the speed of automobile traffic in Chita city central part and also suggest ways to adjust it to solve problems related to the congestion formation. **Conclusions.** By means of an integral assessment, problem areas were identified in Chita city central part, where the average speed of traffic flow is greatly reduced. Difficulties in the movement of vehicles in the city central part during the morning and evening rush hour in the centrifugal direction are observed closer to the central part of the city core. On these sections, congestion is usually formed at intersections, near public transport stops, as well as on sections with ring traffic. To ensure a significant increase in throughput in areas where there is a significant decrease in speed, some adjustment measures are necessary: the organization of reverse traffic, the expansion of narrow streets sections, the organization of one-way traffic and the equipment of two-level interchanges.

Keywords: centripetal and centrifugal motion, local planning measures, adjustment measures, key highways, Chita city.

For citation: Borisov VN, Novikov AN. Traffic Modes Along Key Highways in the Central Part of Chita City. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2023; 17(3):32-40 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-32-40. EDN: YCWLLA

Введение

Город Чита, так же как и большинство других крупных современных городов, имеет следующую планировочную структуру:

– деловой центр (городское ядро), где расположена основная часть торговых, досуговых и образовательных объектов, а соответственно – и большая часть мест работы и учебы;

– жилая зона (иначе спальные районы), где проживает значительная часть городского населения, располагающаяся главным образом на городской периферии.

В силу данных особенностей планировки города затруднения в движении транспорта на магистральных улицах возникают чаще всего в утреннее время по причине стремления населения добраться до центра, а также в вечернее время – из-за большого числа желающих выехать из центра. В ходе исследования были рассмотрены транспортные автомобильные потоки в двух направлениях в различные временные промежутки:

– центростремительные, т. е. по направлению к центру города во время

утреннего часа пик (с 8:30 до 9:30 часов по местному времени);

– центробежные, т. е. по направлению из центра, во время вечернего часа пик (с 17:30 до 18:30 часов по местному времени).

Анализ литературы по исследуемой проблеме скоростных режимов в улично-дорожных сетях городов на платформе eLIBRARY.RU показал, что по запросу «исследование движения транспортных потоков в утренний и вечерний часы пик» имеется 2188 ответов из 45208686 (дата обращения 18.10.2023). Большая часть научных работ выполнена по направлениям технических наук. Работ по географическим наукам не обнаружено. Кроме того, не выявлены работы, посвященные улично-дорожной сети г. Читы (Забайкальский край).

Можно выделить следующие направления изучения проблем организации движения в улично-дорожной сети городов на примере работ, оказавших наибольшее влияние на ход исследования: во-первых, интерес вызвали работы, связанные с традиционными способами совершенствования схем дорожного движения и оптимизации на отдельных участках

[1-5]; во-вторых, отметим работы по применению перспективных подходов в планировании развития схем движения [6-8].

Материалы и методы исследования

В исследовании нашли применение методы всех уровней: философские, общенаучные и специфические – географические.

Диалектика как философский метод выражается в выявлении противоречия между имеющимися и необходимыми скоростями движения автомобильного транспорта на отдельных участках. Диалектическое противоречие выражается в виде появления лимитирующих участков. Задача исследователя – предложить пути разрешения данных противоречий. Диалектика выражается и в противоположных режимах движения: центробежного и центростремительного.

Общенаучные методы исследования: территориальный подход (рассматривается территориализированный процесс – улично-дорожное движение); типологический подход (выделяются участки с различными режимами движения).

Специфические методы исследования: транспортно-географический метод транспортных картограмм скорости дорожного движения на участках между перекрестками; метод псевдоизолиний, отображающий на картах линии с одинаковой скоростью движения автомобильного транспорта – изоспиды.

Материалы для исследования (измерение расстояний и скоростей движения) были собраны В. Н. Борисовым. Сбор материалов был произведен путем измерения времени, затрачиваемого на преодоление автомобилем выбранных отрезков пути. Измерение протяженности данных участков производилось с помощью поисково-информационной картографической службы Яндекс Карты, которые также были взяты за основу для построения приведенных в тексте статьи карт скоростных режимов, на которых производилось нанесение обработанных данных с помощью программы Paint. Концептуальное содержание выработано А. Н. Новиковым.

Результаты и их обсуждение

Рассмотрим проблемы, возникающие при движении транспорта в городе, на примере четырех важнейших магистральных улиц города: Бабушкина, Генерала Белика, Ленина, Богомякова и Бутина – как во время утреннего, так и вечернего

часов пик. Проведение исследования движения транспортных потоков в указанные периоды суток к центру города и в направлении его периферии позволило выявить несколько проблемных территорий, а также ряд закономерностей.

Основные затруднения в движении, как правило, связаны с наличием крутых поворотов основного направления движения транспортных потоков, локальными сужениями проезжей части, высокой интенсивностью движения транспортных средств, другими недостатками существующей организации дорожного движения [9].

Общая протяженность выбранного для изучения пути составляет 17,6 км. На всем протяжении насчитывается 41 светофорный объект, 21 пересечение с равнозначными магистралями, из которых 2 участка с кольцевым движением, и 55 пересечений с второстепенными магистралями. Максимальная интенсивность движения в часы пик достигает на пересечении ул. Генерала Белика и Комсомольской – 2117 ед. в час, а также на пересечении ул. Генерала Белика и Ленина – 1984 ед. в час, так как данные улицы являются наиболее удобными связующими между крупными жилыми микрорайонами и местами приложения труда в городе [10].

Все расстояние было поделено на 51 отрезок, и для каждого из них проведены замеры расстояний, времени их преодоления и средней скорости движения на них. Все измерения отражены на картах скоростных режимов на рисунках 1 и 2.

Анализ данных, полученных в результате исследования, позволил сделать следующие выводы.

Центростремительное движение транспорта во время утреннего часа пик

1. Во время утреннего часа пик при движении в сторону центра зафиксирован рабочий скоростной режим (более 40 км/ч), как правило, ближе к периферийной части городского центра:

- а) на участке ул. Генерала Белика – от ул. Крымской до ул. Комсомольской;
- б) на ул. Бабушкина – от Украинского Бульвара до ул. Верхоленской;
- в) на ул. Ленина – от ул. Генерала Белика до ул. Кастринской и от ул. 9 Января до ул. Кирова;
- г) на ул. Бутина – от ул. Матвеева до ул. Нечаева и от ул. Новобульварной до ул. Смоленской;
- д) на ул. Богомякова – от ул. Новобульварной до ул. Подгорбунского.

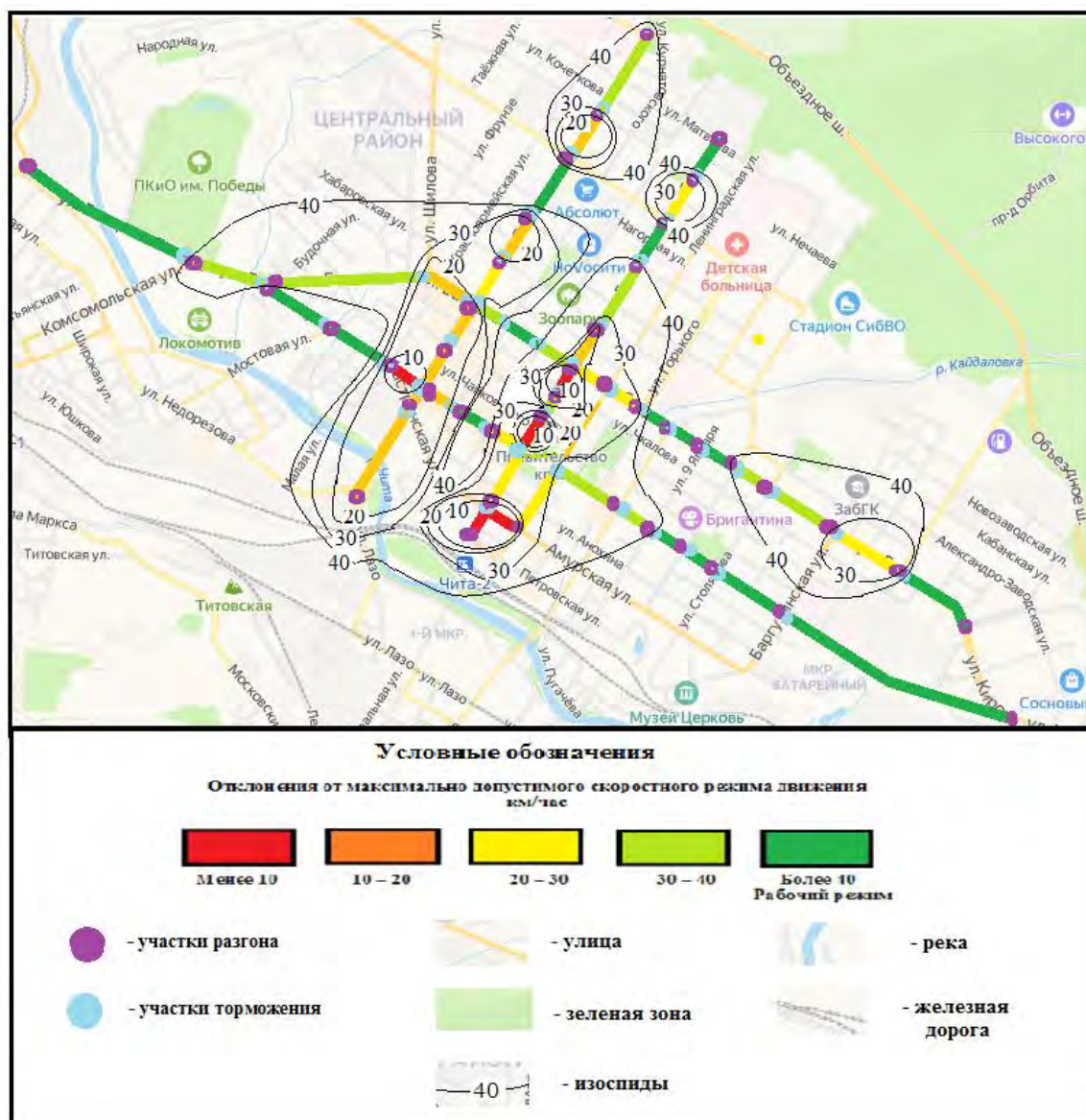


Рис. 1. Изоспиды скоростных режимов утреннего движения автотранспорта на центральных магистральных улицах г. Читы по направлению к центру (по состоянию на 9 января 2023 г. Между 8:30 и 9:30 часами)
Fig. 1. Isopinds of high-speed modes of morning traffic on the central thoroughfares in Chita city towards the center (January 9, 2023 between 8.30 and 9.30 a.m.)

Исключениями являются участки центральной части городского ядра, такие как:

- а) ул. Бабушкина – на отрезке от ул. Курнатовского до ул. Журавлева и от ул. Горького до ул. Н. Островского;
- б) ул. Ленина – на отрезке от ул. Курнатовского до ул. Журавлева (рис. 1).

2. Проблемной зоной можно считать центральную часть городского ядра, где по причине, в первую очередь, большой загруженности, скорость движения сильно снижена. Для преодоления транспортных проблем на данных участках требуется

индивидуальная корректировка схем дорожного движения для каждого из них. Зона простирается в следующих границах:

- а) на ул. Бабушкина – от ул. Шилова до ул. Богомякова и от ул. Бутина до ул. Горького;
- б) на ул. Ленина – от ул. Кастринской до ул. Курнатовского и от ул. Журавлева до ул. Бутина;
- в) на ул. Бутина – от ул. Балябина до ул. Чкалова и от ул. Костюшко-Григоровича до ул. Серова;

г) на ул. Богомякова – от ул. Подгорбунского до ул. Недорезова.

Исключениями являются такие периферийные районы городского центра, как:

а) ул. Бабушкина – от ул. Баргузинской до ул. Верхоленской;

б) ул. Богомякова – от ул. Нечаева до ул. Новобульварной;

в) ул. Бутина – от ул. Нечаева до ул. Новобульварной.

3. Выявлено несколько проблемных участков, как линейных, так и точечных, на которых скорость транспортного потока снижается до минимальных значений, а также предложены локальные планировочные мероприятия по организации на них дорожного движения, которые позволят существенно снизить заторы.

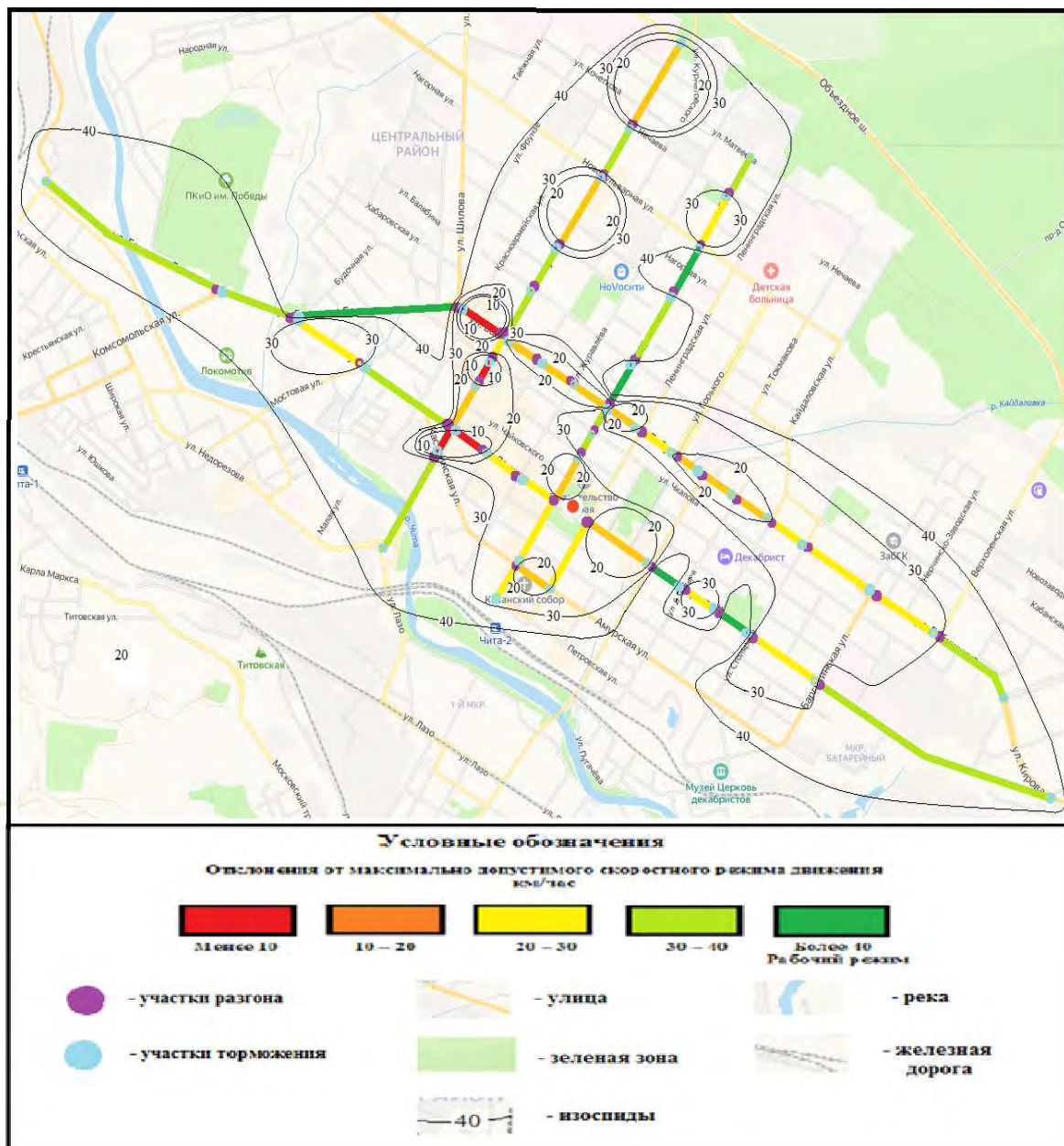


Рис. 2. Изоспиды скоростных режимов вечернего движения автотранспорта на центральных магистральных улицах г. Читы по направлению из центра (по состоянию на 9 января 2023 г. между 17:30 и 18:30 часами)

Fig. 2. Isospids of high-speed modes of evening traffic on the central thoroughfares in Chita city from the center (January 9, 2023, between 5:30 and 6:30 p. m.)

Точечными проблемными участками являются:

– перекресток между улицами Богомягкова и Ленина (при движении по ул. Ленина), где затор связан с отсутствием уширения при повороте направо, по причине чего движение прямо возможно лишь по одной полосе. На этом отрезке необходимо устройство специальных мест для проездов потоков, поворачивающих направо;

– перекресток ул. Бутина и Ленина при движении по ул. Бутина, где затор связан с отсутствием уширения при повороте направо, по причине чего движение прямо возможно лишь по одной полосе. На этом отрезке необходимо устройство специальных мест для проездов потоков, поворачивающих направо.

Примерами линейных проблемных участков являются:

– отрезок между перекрестками «Ленинградская – Амурская» и «Бутина – Амурская». Затормозившие вызваны наличием парковки по правой стороне улицы, а также отсутствием уширения проезжей части для поворота направо, поэтому правая полоса зачастую исключается из движения. На этом отрезке требуется расширение кармана для парковочных мест;

– отрезок между перекрестками «Серова – Бутина» и «Бутина – Амурская». Затормозившие вызваны отсутствием уширения проезжей части для поворота направо, поэтому транспорт, осуществляющий поворот направо, частично останавливает поток, движущийся прямо. На этом отрезке требуется оборудование уширения дороги для поворота направо.

Центрбежное движение транспорта во время вечернего часа пик

1. Во время вечернего часа пик при движении в сторону из центра зафиксирован рабочий скоростной режим (более 40 км/ч), как правило, ближе к периферийной части городского центра:

а) на участках ул. Ленина – от ул. Полины Осипенко до ул. 9 Января и от ул. Николая Островского до ул. Столярова;

б) на участке ул. Генерала Белика – от ул. Шилова до ул. Ленина;

в) на участке ул. Бутина – от ул. Бабушкина до ул. Балябина (рис. 2).

2. Проблемной зоной можно считать участки, расположенные ближе к центральной части городского ядра. Здесь по

причине большого количества транспорта, одновременно стремящегося покинуть центральную часть, а также значительного количества автомобилей, проезжающих транзитом из одной части города в другую, скорость движения сильно снижена. Для преодоления проблем на данных участках требуется индивидуальная корректировка схем дорожного движения для каждого из них. Данная зона простирается в следующих границах:

а) на участке ул. Бабушкина – от ул. Шилова до ул. Верхоленинской;

б) на участках ул. Ленина – от ул. Кастринской до ул. Генерала Белика и от ул. Богомягкова до ул. Полины Осипенко;

в) на участках ул. Бутина – от ул. Костюшко-Григоровича до ул. Серова и от ул. Новобульварной до ул. Нечаева;

г) на участках ул. Богомягкова – от ул. Кастринской до ул. Бабушкина, от ул. Подгорбунского до ул. Новобульварной и от ул. Нечаева до ул. Коханского.

3. Выявлено несколько проблемных участков – как линейных, так и точечных, на которых скорость транспортного потока снижается до минимальных значений, а также предложены локальные планировочные мероприятия по организации на них дорожного движения, которые позволят существенно снизить заторы.

Точечным проблемным участком является перекресток с кольцевым движением на пересечении ул. Генерала Белика и Бабушкина, в часы пик здесь образуются протяженные заторы по причине сложности въезда на кольцо. Решением должно стать устройство уширения на подходах к перекрестку и дополнительной третьей полосы для поворота направо, минуя въезд на кольцо. В долгосрочной перспективе здесь не обойтись без сооружения развязки по типу «распределительное кольцо с двумя путепроводами», при котором главный транспортный поток по ул. Бабушкина и Генерала Белика будет двигаться по прямой, проходя под кольцом, а второстепенный пересекающий его поток «Шилова – Красноармейская» – по кольцу. Данный тип развязки позволит избежать пересечения потоков транспортных средств.

Примерами линейных проблемных участков являются:

– отрезок ул. Богомягкова между её перекрестками с ул. Ленина и Кастринской,

где образование заторов связано с большим автомобильным трафиком и низкой пропускной способностью дорожного участка. Решением может стать расширение дорожного полотна на этом участке до трех полос в направлении ул. Недорезова;

– отрезок перед перекрестком ул. Ленина и Богомягкова, в направлении ул. Генерала Белика, где отсутствуют должного размера карманы для остановки общественного транспорта, а также отсутствует уширение дороги для поворота направо, что полностью отключает правую полосу для движения на продолжительные отрезки времени. Решением должно стать устройство уширения на подходах к перекрестку для поворота направо, а также оборудование более глубоких карманов на остановке для маршрутных транспортных средств, чтобы они не мешали свободно проезжать другим участникам дорожного движения;

– отрезок ул. Богомягкова (от перекрестка с ул. Чкалова до перекрестка с ул. Костюшко-Григоровича), где имеется наземный пешеходный переход и большое количество пешеходов в часы пик, транспортные средства испытывают определенные затруднения с проездом в обоих направлениях. Решением может стать установка светофора, который позволит отрегулировать поток пешеходов.

Для обеспечения значительного повышения пропускной способности в зонах, где наблюдается снижение скорости как в утреннее, так и в вечернее время, необходимы следующие меры корректировки:

а) ликвидация раздельной полосы, разделяющей два потока движения на всем протяжении улицы Бабушкина и добавление на этом месте пятой полосы для движения;

б) организация реверсивного движения на всем протяжении ул. Бабушкина, где для движения в сторону центра в дообеденное время будут доступны для движения три полосы из пяти;

в) организация реверсивного движения по ул. Ленина на отрезке от ул. Кирова до ул. Ленинградской, где в дообеденное время для движения в центр будет доступно три полосы из четырех;

г) расширение узкого участка пути ул. Генерала Белика на отрезке от пересечения с ул. Ленина до пересечения с ул. Комсо-

вольская с четырех полос до шести, где в сторону центра движения в дообеденное время будет доступно три полосы вместо двух;

д) организация одностороннего движения в дообеденное время на участке ул. Бутина от пересечения с ул. Матвеева до ул. Новобульварной и перенаправление транспортных потоков, движущихся в сторону из центра по улицам Журавлева и Ленинградская, после чего в сторону центра для движения в послеобеденное время будет доступно две полосы вместо одной;

е) организация одностороннего движения на ул. Журавлева и, как противовес, – на ул. Курнатовского в обратном направлении, что в свою очередь будет способствовать значительному росту пропускной способности по каждой из них.

Заключение

Как видно по результатам исследования, затруднение в движении транспортных средств в центральной части города во время утреннего часа пик в центростремительном направлении и во время вечернего часа пик в центробежном направлении наблюдается ближе к центральной части городского ядра. На данных участках заторы обычно образуются на перекрестках, рядом с остановками общественного транспорта, а также на отрезках с кольцевым движением. Анализ причин снижения пропускной способности магистрали позволил выяснить, что уменьшение скорости транспортного потока чаще всего связано со следующими факторами.

1. Остановками транспорта общего пользования, которые способны на некоторых участках полностью исключить правую полосу из движения на довольно продолжительный период.

2. Высокоинтенсивным движением на круговых перекрестках, что в свою очередь лишает возможности въезда на них на продолжительное время во всех возможных направлениях.

3. Отсутствием уширения проезжей части для поворота направо, по причине чего работа правой полосы движения сильно ограничена.

4. Высокой интенсивностью движения автомобильных потоков. Особенно остро данная проблема ощущается в местах, где соединяются важнейшие транспортные артерии города.

5. Интенсивным неорганизованным движением пешеходов по наземным пере-

ходам, на которых не используется светофорное регулирование.

Для решения имеющихся проблем на исследуемых транспортных путях необходимо применять комплекс локальных

планировочных мероприятий и прибегать к корректировке и изменению транспортных потоков на некоторых участках в целом.

Список источников

1. Ананьев Е. И., Залукаева Н. Ю., Горюшинский В. С. Организация одностороннего движения как метод увеличения пропускной способности улично-дорожной сети города // Транспортное дело России. 2017. № 5. С. 136-139. EDN: ZWOTQX
2. Блинкин М.Я. Качество планирования городских транспортных сетей в зеркале классических моделей теории транспортного потока // Городские исследования и практики. 2015. С. 55-66. EDN: XDVMEX
3. Морозов В. В., Карнаухов В. Н., Ярков С. А. Совершенствование модели влияния концентрации транспортного потока на интенсивность движения автомобилей // Интеллект, инновации, инвестиции. 2020. № 1. С. 98-105. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-1-98. EDN: OHCRMD
4. Сафронов Э. А., Сафронов К. Э. Совершенствование транспортной инфраструктуры Российских городов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2018. Т. 15. № 5(63). С. 698-707. EDN: SKCNVF
5. Семенов Е.Л. Оценка схемы организации дорожного движения на отдельных участках улично-дорожной сети // Просвещение и познание. 2021. № 7. С. 12-47.
6. Агуреев И. Е., Юрченко Д.А. Постановка задачи о загрузке УДС города с учетом данных функционирования придомовых стоянок автомобилей // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2019. Т. 16. № 6(70). С. 670-679. DOI: 10.26518/2071-7296-2019-6-670-679. EDN: GXUYGZ
7. Наумова Н. А. Моделирование и оптимизация параметров светофорного регулирования при пересечении многополосных автомобильных дорог // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 8. С. 71-76. DOI: 10.17513/snt.39269. EDN: DVUBOC
8. Караблин О. В. Проблемы и некоторые аспекты развития транспортной системы Ростовской агломерации // Бюлетень транспортной информации. 2022. № 2(230). С. 8-18. EDN: JEVIZT
9. Солодкий А.И., Черных Н.В. Повышение уровня обслуживания дорожного движения в крупных и средних городах России // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 1(78). С. 191-197. DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-1-191-197. EDN: CIASYT

References

1. Ananyev EI, Zalukaeva NYu, Goryushinsky VS. A one-way movement as a method of increasing the capacity of the city's street network. *Transport Business of Russia*. 2017(5):136-139. (In Russ). EDN: ZWOTQX
2. Blinkin MYa. Urban network design quality in the classical models of the traffic flow theory. *Urban Studies and Practices*. 2015:55-66. (In Russ). EDN: XDVMEX
3. Morozov VV, Karnaukhov VN, larkov SA. Improving the model of the influence of traffic flow concentration on the traffic intensity. *Intellect. Innovations. Investments*. 2020(1):98-105. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-1-98. (In Russ). EDN: OHCRMD
4. Safronov EA, Safronov KE. Improvement of the Russian cities' transport infrastructure. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2018;15(5(63)):698-707. (In Russ). EDN: SKCNVF
5. Semenov EL. Assessment of the traffic management scheme on individual sections of the road network. *Education and Knowledge*. 2021(7):12-47. (In Russ).
6. Agureev IE, Yurchenko DA. Functioning of the car parking places near houses: formulation of the problem of the road city network. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2019;16(6(70)):670-679. DOI: 10.26518/2071-7296-2019-6-670-679. (In Russ). EDN: GXUYGZ
7. Naumova NA. Modeling and optimization of traffic signals when crossing multi-lane roads. *Modern Science-Intensive Technologies*. 2022(8):71-76. DOI: 10.17513/snt.39269. (In Russ). EDN: DVUBOC
8. Karablin OV. Problems and some aspects of the development of the transport system of the Rostov agglomeration. *Bulletin of Transport Information*. 2022(2(230)):8-18. (In Russ). EDN: JEVIZT
9. Solodkiy AI, Chernikh NV. Improving the level of road traffic service in large and medium-sized cities of Russia. *Bulletin of Civil Engineers*. 2020(1(78)):191-197. DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-1-191-197. (In Russ). EDN: CIASYT
10. A comprehensive scheme for organizing traffic on public roads of local importance in the territory of "Chita City" urban district. Developed by DorMostProject OOO. Voronezh, 2020. URL: <https://goo.su/qseBW> (accessed 01.09.2023). (In Russ).

10. Комплексная схема организации дорожного движения автомобильных дорог общего пользования местного значения на территории городского округа «Город Чита». Разработка ООО «ДорМостПроект». Воронеж, 2020. URL: <https://goo.su/qseBW> (дата обращения: 01.09.2023).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Борисов Владимир Николаевич, аспирант кафедры географии, безопасности жизнедеятельности и технологий, Забайкальский государственный университет, Чита, Россия, vladimir.88borisov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8025-5369>

Новиков Александр Николаевич, доктор географических наук, доцент, профессор кафедры географии, безопасности жизнедеятельности и технологий, Забайкальский государственный университет, Чита, Россия, geonov77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7086-6278>

Критерии авторства

Борисов В. Н. – проведение натурных измерений и сбор данных, анализ и статистическая обработка результатов, подготовка картографических материалов; Новиков Н. А. – постановка задач и разработка этапов исследования, окончательное утверждение варианта статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 20.09.2023

Одобрена после рецензирования 25.09.2023

Принята к публикации 25.09.2023

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Vladimir N. Borisov, Ph.D. student, Department of Geography, Life Safety and Technology, Transbaikalian State University, Chita, Russia, vladimir.88borisov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8025-5369>

Alexander N. Novikov, Doctor of Science (Geography), Associate Professor, Professor, Department of Geography, Life Safety and Technology, Transbaikalian State University, Chita, Russia, geonov77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7086-6278>

Contribution of the authors

Borisov V. N. – conducting field measurements and data collection, analysis and statistical processing of results, preparation of cartographic materials; Novikov N. A. – setting tasks and developing research stages, final approval of the article version.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 20.09.2023

Approved after reviewing 25.09.2023

Accepted for publication 25.09.2023

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 911.52
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-41-55
EDN: YFMOUI

Методические вопросы моделирования вероятности проявления овражной эрозии на территории Центрального Черноземья с использованием машинного обучения

© 2023 Корецкий Н. А. ✉, Бевз В. Н.

Воронежский государственный университет
Воронеж, Россия, nkoretskiy98@bk.ru ✉; snark61@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Цель – разработка методики моделирования вероятности проявления овражной эрозии при помощи алгоритмов машинного обучения. **Методами** послужили алгоритмы машинного обучения: нейронные сети, ансамблевые деревья решений, максимальной энтропии, обобщённой линейной регрессии, географически взвешенной регрессии, мультимасштабной географически взвешенной регрессии. **Результаты.** Проведён сравнительный анализ различных алгоритмов машинного обучения, в ходе которого определены преимущества и недостатки каждого из них. Обоснован выбор географически взвешенной и мультимасштабной географически взвешенной регрессий в качестве оптимальных алгоритмов для решения поставленной задачи. Произведена оценка качества модели и получены результаты её использования на территории Воробьёвского района Воронежской области. **Выводы.** В основу результирующих моделей вероятности проявления овражной эрозии положены биномиальная географически взвешенная регрессия, мультимасштабная географически взвешенная регрессия Гаусса, а также их стандартизированные версии. Их использование позволило определить 815 потенциальных очагов овражной эрозии, 480 из которых относятся к категории маловероятных, 238 вероятных и 97 высоковероятных. В целом, в пределах Воробьёвского района определено 815 потенциальных очагов эрозии. Среди них 480 позиций относятся к категории маловероятных (вероятность проявления эрозии менее 66 %), 238 вероятных (вероятность 66-83 %) и 97 высоковероятных (вероятность выше 83 %).

Ключевые слова: овражная эрозия, моделирование, вероятность проявления, факторы, машинное обучение, Центральное Черноземье.

Формат цитирования: Корецкий Н. А., Бевз В. Н. Методические вопросы моделирования вероятности проявления овражной эрозии на территории Центрального Черноземья с использованием машинного обучения // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 3. С. 41-55. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-41-55. EDN: YFMOUI

Methodological Issues of the Gully Erosion Probability Models in the Central Chernozem Region Using Machine Learning

© 2023 Nikita A. Koretsky ✉, Valery N. Bevz

Voronezh State University
Voronezh, Russia, nkoretskiy98@bk.ru ✉, snark61@mail.ru

ABSTRACT. The aim of the paper is to develop a methodology for probability modeling of the gully erosion using machine learning algorithms. The **methods** were machine learning algorithms: neural networks, ensemble decision trees, maximum entropy, generalized linear regression, geographically weighted regression, multi-scale geographically weighted regression. **Results.** A comparative analysis of various machine

learning algorithms was carried out, during which the advantages and disadvantages of each of them were determined. It is justified the choice of geographically weighted and multi-scale geographically weighted regressions as optimal algorithms for problem solution. It was assessed the model quality and the results of its use in the Vorobyovsky District of the Voronezh region were obtained. **Conclusions.** The resulting gully erosion probability models are based on binomial geographically weighted regression, multi-scale geographically weighted Gauss regression and their standardized versions. Their use made it possible to identify 815 potential sources of gully erosion, 480 of which are classified as unlikely, 238 are probable and 97 are highly probable. In general, 815 potential erosion sites have been identified within the Vorobyovsky District. Among them, 480 positions are classified as unlikely (the probability of erosion is less than 66 %), 238 are probable (probability 66-83 %) and 97 are highly probable (probability above 83 %).

Keywords: gully erosion, modeling, probability of occurrence, factors, machine learning, Central Chernozem Region.

For citation: Koretsky NA, Bezz VN. Methodological Issues of the Gully Erosion Probability Models in the Central Chernozem Region Using Machine Learning. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2023;17(3):41-55 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-41-55. EDN: YFMOUI

Введение

Моделирование является научно обоснованным методом оценок характеристик сложных систем для получения информации о различных сторонах их функционирования и нахождения оптимального варианта решения проблемы. В качестве таких сложных систем могут и должны рассматриваться овражные комплексы, деструктивная деятельность которых предопределяет, прежде всего, насущную необходимость определения вероятности проявления овражной эрозии для оптимальной противоэрозионной организации территории.

Среди уже имеющихся опытов моделирования овражной эрозии (ОЭ) следует выделить исследования Е. Ф. Зориной [1] по определению потенциала ОЭ (в сущности – моделирование потенциала); стохастическую модель овражной эрозии (STOGEM), разработанную А. Ю. Сидорчуком [2]; физико-ориентированную модель развития оврагов на территории Бразилии [3] и др.

Анализ существующих в настоящее время моделей показывает, что многие из них основаны на учёте физических аспектов различных факторов, объясняющих развитие оврагов. Эти модели отличает: наличие множества параметров, принимаемых за константы (форма частиц почвы, пористость и т. д.), которые на самом деле являются стохастическими переменными, а также пригодность для оценки потенциала овражной эрозии только в определённых типах природной среды. Перечисленные особенности «физических» моделей объясняются сложностью моделируемого явления, а также внушительным количеством факторов, влияющих на развитие

эрозии и, во многом, неоднозначным и сложным характером связей в системе «фактор-явление».

В этой связи авторами предпринята попытка разработки методики создания модели вероятности проявления овражной эрозии принципиально отличным способом – при помощи алгоритмов машинного обучения (МО), способных обрабатывать сверхбольшие базы данных и находить в них чрезвычайно сложные по своему характеру связи между искомым явлением и факторами, а также осуществлять на их основе прогнозирование. Примером использования подобного подхода можно считать моделирование подверженности овражной эрозии в Пхуэнтхолинге (Бутан), с использованием алгоритмов глубокого обучения и базовых алгоритмов машинного обучения [4]. Однако результаты, изложенные в работе, носят достаточно спорный характер, прежде всего, в отношении определяющей роли в зонировании территории по степени оврагоопасности концентрации песка в почве и высоты. По всей видимости, это связано с региональными природными особенностями, и подобная модель мало подходит для её реализации в Центральном Черноземье.

В качестве модельного района исследований была использована территория Воробьевского муниципального района Воронежской области, расположенного в пределах Калачского южнолесостепного овражно-балочного физико-географического района. Результаты дешифрирования высокодетальной космической съёмки свидетельствуют о присутствии в Воробьевском районе 2890 овражных комплексов с общей площадью 2,8

тыс. га, что составляет 2,34 % от его общей площади. При этом средняя густота овражной сети района достигает $0,84 \text{ км/км}^2$, а плотность – $4,86 \text{ ед./км}^2$ [5]. Такие значительные для Центрального Черноземья показатели актуализируют вопрос о необходимости создания модели, способной оценивать возможность потенциального развития ОЭ.

Материал и методы исследования

Предварительным этапом построения модели вероятности проявления овражной эрозии должен служить выбор факторов, в той или иной степени влияющих на развитие овражной эрозии, а также создание на их основе цифровой базы данных.

Линейная эрозия характеризуется определённой степенью связи со множеством консервативных и динамических факторов среды. В определённой степени она является стохастическим явлением и носит спорадический характер, который в последнее время осложняется разнообразным антропогенным воздействием, трудно поддающимся цифровизации. Более того, в ряде исследований [1] акцентируется внимание на том, что в процессе происхождения и дальнейшего функционирования оврагов в качестве ведущего, в зависимости от региональных особенностей территории, могут выступать различные факторы. Поэтому для успешного моделирования вероятности проявления ОЭ с использованием методов МО и последующей интерпретации полученных результатов к отбору факторов следует подходить избирательно, учитывая как

технические, так и природно-географические аспекты.

С технической точки зрения на выбор факторов накладываются количественные и качественные ограничения. В частности, вместо использования всех потенциально связанных с овражной эрозией факторов рекомендуется отбирать наиболее информационно-разнообразные. Их правильно составленная номенклатура при дальнейшем моделировании позволяет избежать явления мультиколлинеарности – процесса, при котором независимые переменные в модели имеют между собой тесную связь и начинают «объяснять» друг друга [6]. Опасность мультиколлинеарности связана с тем, что её присутствие значительно усложняет оценку и анализ общего результата моделирования, а в ряде случаев делает невозможным процесс создания модели с текущим набором факторов. В этой связи одним из критериев при отборе перечня факторов для моделирования вероятности проявления овражной эрозии служит учёт степени связанности различных факторов (предикторов) друг с другом. Так, например, хорошо известно, что такие параметры, как крутизна местности и LS-factor, сравнительно тесно связаны с явлением овражной эрозии [7]. В то же время, данные морфометрические параметры являются коллинеарными по отношению друг к другу – коэффициент корреляции Пирсона составляет 0,74, а коэффициент детерминации (R^2) – 0,55 на территории Воробьёвского района (рис. 1).

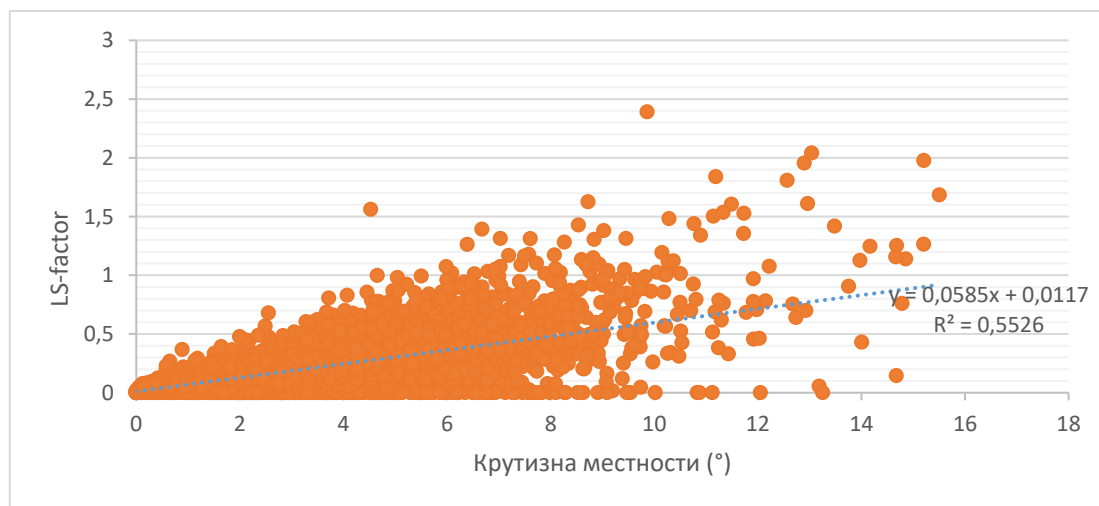


Рис. 1. Корреляционная связь между параметрами LS-factor и крутизна местности
Fig. 1. Correlation between parameters LS-factor and terrain steepness

Устранить связи между независимыми переменными в модели можно несколькими способами. Во второй половине XX в. для этого использовалась группировка коррелирующих между собой факторов посредством факторного анализа. В последнее время для борьбы с мультиколлинеарностью всё чаще применяется расчёт VIF (variance inflation factor) – коэффициента инфляции дисперсии [6]. Тем не менее, использование описанных инструментов возвращает новый синтетический параметр вместо оригинальных коллинеарных входных. Этим и обуславливается необходимость избегать явления мультиколлинеарности.

Для достижения оптимального результата следует исходить из того, что используемые факторы должны с разных сторон описывать явление и «компенсировать» друг друга там, где это необходимо, чтобы получить наилучшую описательную способность модели. В случае с овражной эрозией целесообразно придерживаться как покомпонентного, так и ландшафтного подходов. Первый даёт возможность описать явление с точки зрения различных по своей сущности условий среды, а второй – синтезирует всё воедино и позволяет раскрыться новым, более сложным связям в результате синергетического эффекта.

С точки зрения природно-географических позиций, в качестве основного критерия при выборе факторов для моделирования вероятности проявления ОЭ следует придерживаться регионального ландшафтного принципа, т. е. использовать те факторы-условия, которые, с учетом специфики регионального типа природной среды, могут быть в наибольшей степени связаны с линейной эрозией.

В отношении Воробьёвского района к таким факторам, в частности, следует отнести крутизну склонов. Принято считать, что линейный сток формируется на участках с крутизной $>3^\circ$. Следует отметить, что это не всегда справедливо и в ряде случаев развитие эрозии может начинаться с крутизны местности $>1^\circ$ [8]. Н. И. Маккавеев [9], помимо крутизны местности, выделял в особый ранг фактор наличия достаточных по площади водосборов, способных аккумулировать в себе мощный направленный поток. Кроме того, овражная эрозия часто приурочена к определённым высотам и

имеет связь с вертикальным расстоянием от локального базиса эрозии. В свою очередь, значения этих параметров тесно связаны с региональными особенностями территории. Дополнительную информацию о закономерностях распределения оврагов и вероятности их возникновения может дать анализ контуров локальных неотектонических поднятий.

С учетом всего вышесказанного для реализации текущей модели вероятности возникновения ОЭ послужил следующий перечень факторов: крутизна местности, индекс силы потока, вертикальное расстояние от локального базиса эрозии и модель локальных неотектонических поднятий.

Крутизна местности (Slope) определяет степень изменения (дельту) поверхности в горизонтальном ($\Delta z/\Delta x$) и вертикальном ($\Delta z/\Delta y$) направлениях из центральной ячейки. Значения модели крутизны являются абсолютными. Параметр крутизны местности можно применять для сегментации участков перехода плоскостного стока в линейный. В ячейках, где крутизна склона превышает 5 % (3°), наблюдается повышенная вероятность возникновения линейной эрозии (рис. 2). Расчёт параметра выполнялся в геоинформационной системе ArcGIS Pro 3.0.1 (инструмент: surface parameters).

Индекс силы потока (Stream power index) одновременно учитывает водосборную площадь и градиент крутизны местности. Значения модели силы потока являются относительными. Показатель силы потока следует использовать для описания потенциальной эродирующей способности потока в пределах конкретной точки топографической поверхности (цифровой модели рельефа). По мере увеличения площади водосбора и уклона местности количество воды, приносимой из участков, расположенных выше по склону, и скорость самого водного потока увеличиваются, следовательно, возрастает и индекс силы потока (повышается вероятность возникновения линейной эрозии) [10] (рис. 3). Расчёт параметра выполнялся в Quantum GIS 3.0.1 по формуле 1.

$$SPI = \ln \left((FA + 0,001) * \left(\frac{S}{100} \right) + 0,001 \right),$$

где (1)

FA – суммарный сток

S – крутизна местности, выраженная в %

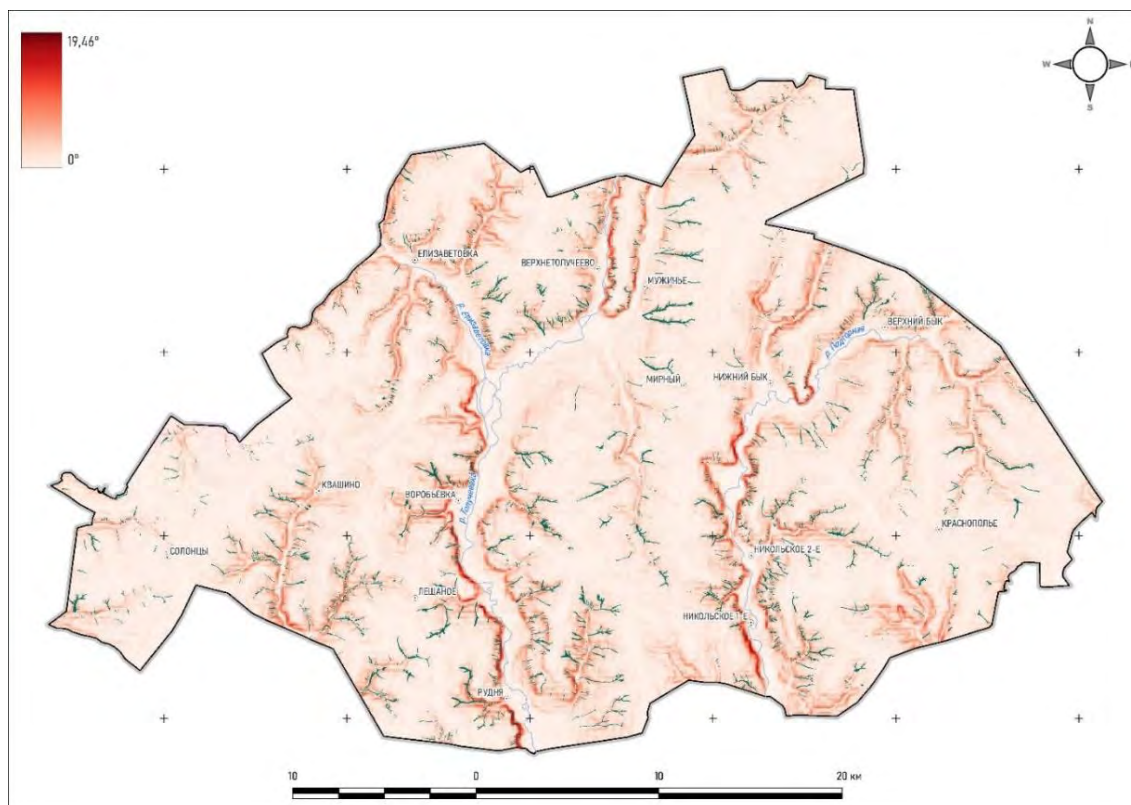


Рис. 2. Модель крутизны местности
Fig. 2. Slope model

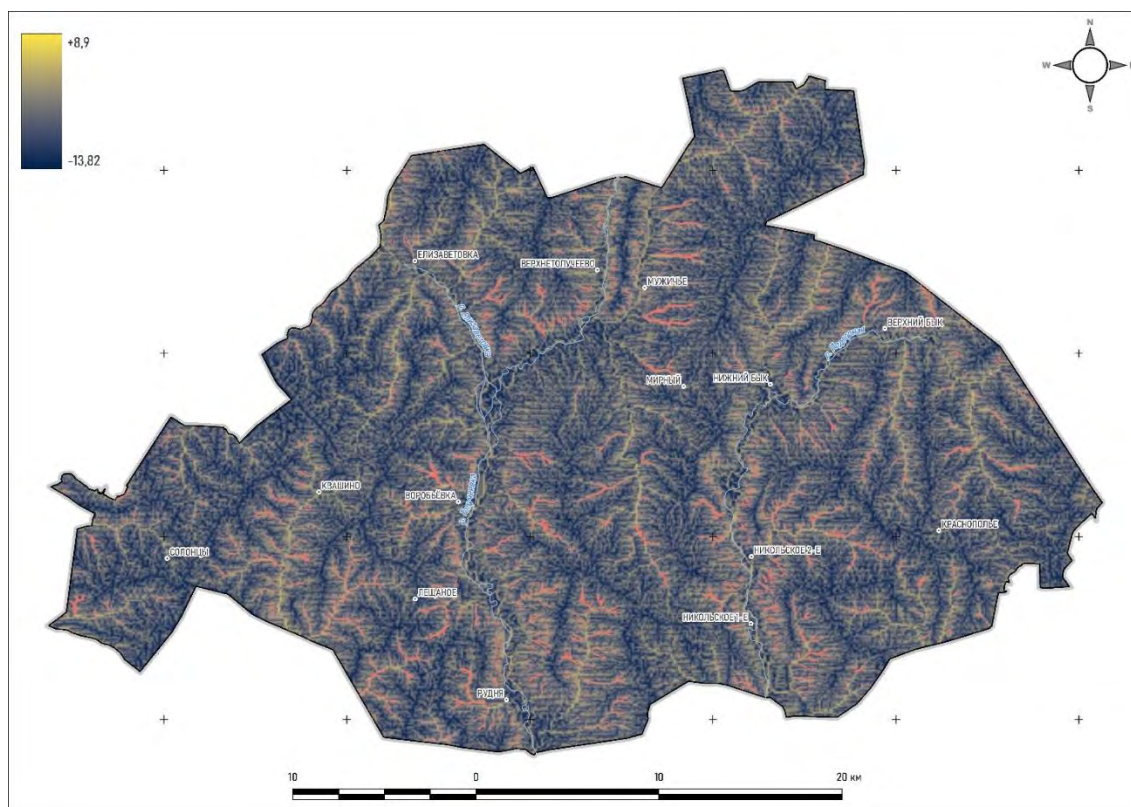


Рис. 3. Модель индекса силы потока
Fig. 3. Stream power index model

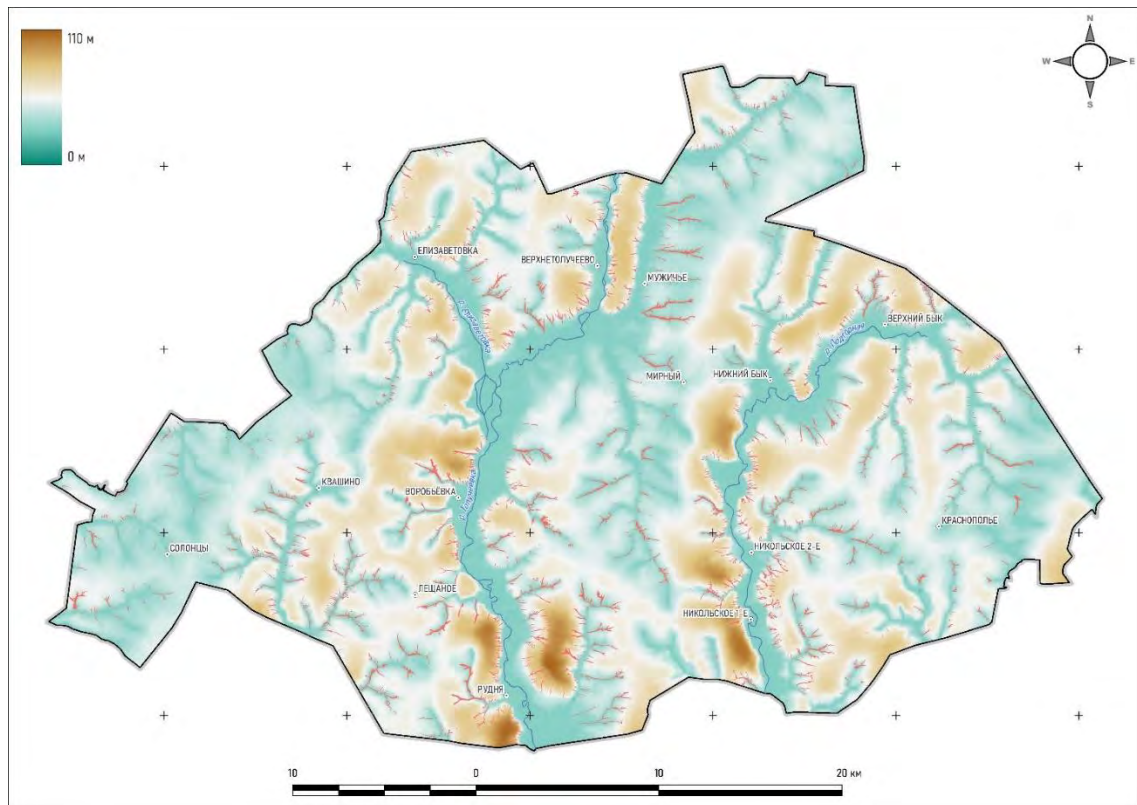


Рис. 4. Модель вертикального расстояния от базиса эрозии
Fig. 4. Model of vertical distance to channel network

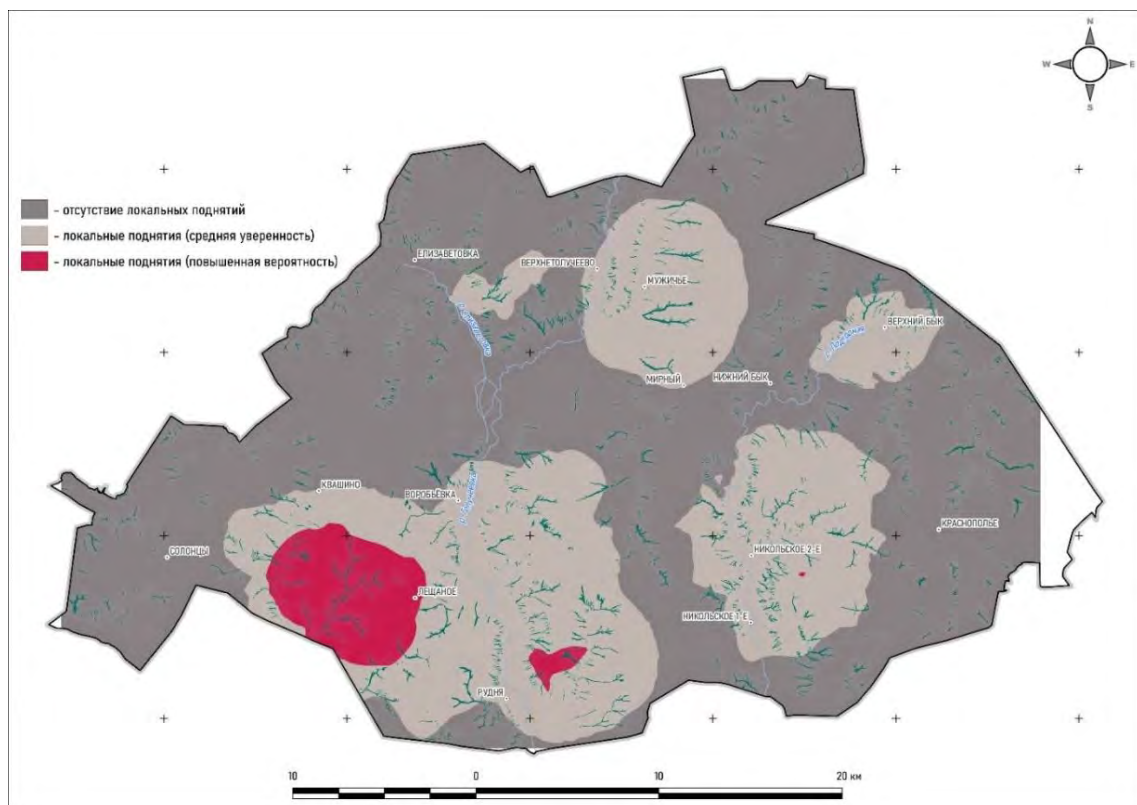


Рис. 5. Модель локальных неотектонических поднятий
Fig. 5. Model of local neotectonic uplifts

Модель индекса силы потока требует предварительного расчёта параметров направления стока (Flow direction), суммарного стока (Flow Accumulation) и крутизны местности (Slope), выраженной в процентах.

Вертикальное расстояние от базиса эрозии (Vertical distance to channel network) отражает информацию о высоте моделируемого превышения (Δz) местности над локальным базисом эрозии в каждой точке пространства. Модель VDCN полезна для установления границы максимальной глубины вреза овражной сети, а также установления верхней границы распространения большей части оврагов (рис. 4). Расчёт параметра выполнялся в геоинформационной системе SAGA 9.0.0 (инструмент: Vertical distance to channel network).

Перед расчётом вертикального расстояния от локального базиса эрозии необходимо получить растр сети каналов (Channel network) и уровень базиса эрозии (Channel network baselevel).

Модель локальных неотектонических поднятий основана на статистической обработке интегрального равновесного пространственного распределения (ИРПР) [11] (по густоте и плотности овражной эрозии) методом плотности линий. В качестве основной идеи для составления модели локальной неотектоники взята концепция австрийского геоморфолога В. Пенка [13] о том, что по сгущению овражной сети можно попытаться определить границы потенциальных современных неотектонических поднятий территории. Кроме того, при составлении модели локальной неотектонической ситуации Воробьёвского района учитывалось наличие донной линейной эрозии (рис. 5).

Не менее важным этапом моделирования вероятности проявления ОЭ является процесс создания базы данных на основе полученных моделей и картосхемы распространения оврагов [5]. Структура базы данных представляет из себя набор факторов и зависимых переменных, где данные упакованы таким образом, что каждая ячейка таблицы содержит генерализованную информацию о значении каждого предиктора, взятую из операционно-территориальных единиц (ОТЕ) (шестиугольник с размерами 250 x 250 м) и соответствующие им (в пределах той же ОТЕ) значения зависимых переменных – присутствия овражной эрозии (в бинарном

виде) и заовраженности территории. Под заовраженностью в данном случае понималась площадь овражной эрозии в га на км² [13].

Результаты и их обсуждение

Для построения классификационной и регрессионной моделей вероятности проявления овражной эрозии на территории модельного Воробьёвского муниципального района Воронежской области были использованы несколько различных алгоритмов МО: нейронный сети, ансамблевые деревья решений, метод максимальной энтропии, обобщённая линейная регрессия, географически взвешенная регрессия, мультимасштабная географически взвешенная регрессия.

Популярность нейронных сетей (НС) в последнее время связана с увеличением объёмов баз данных и вычислительной мощности компьютеров. Специалисты утверждают, что сети с прямой связью являются универсальным средством аппроксимации функций, что позволяет использовать их при решении задач классификации [14]. Явное преимущество нейронных сетей заключается в том, что они могут выстраивать в ходе обучения глубокие связи между предикторами и зависимой переменной на основе огромного множества уравнений регрессии, которые используются для задач классификации при помощи обработки статистическими методами. Однако при недостаточном количестве наблюдений НС любой архитектуры (в том числе – многослойный перцептрон и радиально-базисная функция) будет выдавать результат классификации по качеству далёкий от желаемого. По этой причине использование данного метода применительно к моделированию вероятности проявления ОЭ не было успешным. В качестве архитектуры НС использовался ансамбль радиально-базисных функций с 3 нейронами на входном слое, 55-60 нейронами на скрытом слое, 2 на выходном. Результат работы модели показал хорошую эффективность распознавания участков с отсутствием эрозии и посредственную с присутствием, что напрямую связано с дисбалансом классов. Кроме того, производительность и полнота результатов каждой из НС в ансамбле значительно отличалась, что свидетельствовало о недостаточном качестве обучения модели.

Деревья решений (ДР) служат средством поддержки принятия решений, ис-

пользуемся в МО, анализе данных и статистике. Сами по себе ДР являются строгим логическим алгоритмом. Они работают по принципу: если выполняется какое-либо условие, то из него вытекает либо следующее условие, либо решение. У этой группы методов есть несколько усовершенствованных и наиболее продвинутых алгоритмов, в том числе растущие деревья (Boosted trees) и случайный лес (Random forest).

Деревья решений, в особенности растущие деревья и случайный лес, можно оценить как один из лучших алгоритмов-классификаторов на данный момент, в ряде случаев превосходящих по скорости и точности обучения полносвязные нейронные сети [14]. Проведённые нами попытки использования алгоритма растущий лес в программном обеспечении STATISTICA 12.5 показали стабильно хороший результат определения присутствия и отсутствия овражной эрозии (вероятность правильно определить присутствие эрозии в 3,6 раза выше, чем спонтанным перебором) (рис. 6). В то же время результат регрессионного анализа при помощи методов решающих деревьев уступал по качеству модифицированным регрессионным методам (ГВР и МГВР).

Метод максимальной энтропии (МЭ) является поисковым и не имеет аналогов по производительности в том случае, если база данных (БД) содержит только информацию о присутствии интересующих объектов. Существенное достоинство ме-

тода МЭ заключается в том, что он позволяет создать растр вероятностей присутствия оврагов в пространстве. В этом же заключается и его главный недостаток – невозможность определения количественных показателей (например, площади овражной эрозии и количества вершин оврагов).

Обобщённая линейная регрессия (ОЛР), в противовес методу максимальной энтропии, способна решить как задачи классификации (логистическая регрессия), так и регрессии непосредственно. Её основное преимущество заключается в соотношении скорости выполнения алгоритма и качества получаемого результата, а также в способности хорошо прогнозировать новые данные. Однако ОЛР работает только в двух случаях: когда наблюдения не имеют пространственной кластеризации и предикторы связаны с зависимой переменной повсеместно линейно. Последние два условия делают невозможным использование ОЛР для создания модели вероятности проявления ОЭ, так как проведённый нами расчёт глобального индекса Морана, а также z-оценки и r-значения в геоинформационной среде ArcGIS свидетельствуют о наличии явной пространственной кластеризации оврагов (рис. 7). Кроме того, ни один из выбранных нами факторов не имеет сильной и устойчивой линейной связи с овражной эрозией в пределах всего района.

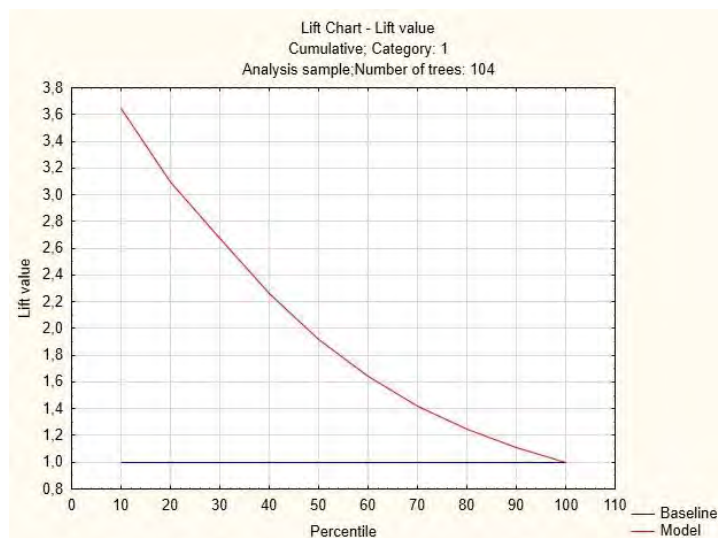


Рис. 6. Лифтовая карта для оценки качества определения класса присутствия овражной эрозии в операционно-территориальной единице

Fig. 6. Elevator map for assessing the quality of the presence class of gully erosion in an operational-territorial unit

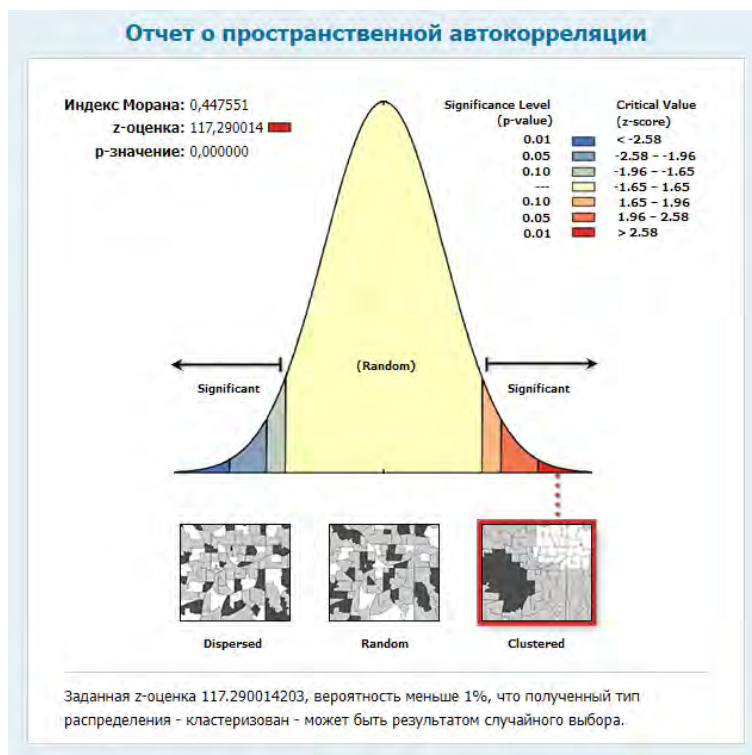


Рис. 7. Отчёт о пространственной автокорреляции (Индекс Морана I)
 Fig. 7. Spatial Autocorrelation Report (Moran Index I)

Географически взвешенная регрессия (ГВР) является усовершенствованным вариантом ОЛР [15]. По существу, ГВР работает по тому же принципу, что и ОЛР, однако данный алгоритм составляет уравнение регрессии не на всю территорию в целом, а для каждой локальной ситуации, что позволяет полностью избежать проблемы кластеризации овражной эрозии и частично нивелировать отсутствие повсеместной линейной связи между явлением и предикторами. Применение метода ГВР также позволяет учесть и описать различия в ведущих факторах оврагообразования. Метод допускает то, что в различных типах природной среды ведущим фактором, повлиявшим на возникновение оврага, может стать любой из предложенных, а также степень влияния этих факторов на зависимую переменную неодинаков в пространстве. Явный недостаток географически взвешенной регрессии – её относительно пониженная точность классификации и регрессии по отношению к методам случайного и растущего лесов, а также хорошо обученных НС. Однако существенным достоинством метода является высокая интерпретируемость и учёт географической составляющей.

Мультимасштабная географически взвешенная регрессия (МГВР) похожа на географически взвешенную регрессию. Её основное отличие заключается в том, что МГВР предоставляет возможность поиска оптимального локального радиуса для каждой переменной-предиктора, а не усреднённого единичного для всех переменных-предикторов в целом [16]. Таким образом, географическая составляющая данного алгоритма моделирования становится более существенной по отношению к ГВР. Тем не менее, реализация МГВР по отношению к ГВР на данный момент имеет ряд весомых недостатков: алгоритм МГВР требует значительно большей вычислительной мощности; отсутствие распределений Пуассона и биномиального, что даёт возможность моделировать только непрерывные переменные при помощи распределения Гаусса (например, площадь овражной эрозии).

Таким образом, построение и сравнительный анализ всех вариантов моделей показывает, что оптимальными для определения вероятности проявления ОЭ являются алгоритмы ГВР и МГВР. Их решающими преимуществами стали: географическая ориентированность, возможность определения локального ведущего

фактора и способность решать как задачи классификации, так и регрессии.

Моделирование вероятности проявления овражной эрозии методами ГВР и МГВР целесообразно проводить по двум взаимодополняющим друг друга направлениям. Во-первых, предложить модель, способную определять вероятность проявления эрозии в пределах сетки из операционных территориальных единиц; во-вторых – создать дополнительную модель для прогнозирования потенциальной площади эрозии в ОТЕ.

В качестве алгоритма для определения вероятности возникновения ОЭ использовалась модель биномиальной ГВР; для прогнозирования возможной площади ОЭ в ОТЕ – МГВР Гаусса. Реализация обеих моделей производилась в программном обеспечении SPARC – Multiscale Geographically Weighted Regression 2.2. [17] и частично при помощи языка программирования Python 3.10 с интегрированным пакетом библиотек: Numpy, Matplotlib, Pandas и Scikit-learn. Некоторые предварительные анализы проведены в статистическом пакете STATISTICA 12.5. Обработка, упаковка и визуализация полученных данных выполнена в открытом программном обеспечении Quantum GIS 3.30.1.

Биномиальная географически взвешенная регрессия (БГВР) является вариантом логистической регрессии (алгоритм МО) и в ходе своей реализации задает биномиальное распределение с логистической функцией связи. БГВР применяется в том случае, когда целевая переменная служит бинарным откликом, предсказываемым логистической регрессионной моделью [18].

Основная задача логистической регрессии заключается в поиске оптимальной гиперплоскости [19], разделяющей между собой два класса объектов: присутствие и отсутствие ОЭ (рис. 8). Условно принимается, что разделяющим значением для двух искомых классов является 0,5 (50 %). Ниже этого показателя возможность возникновения эрозии отрицается, а выше – подразумевается как вероятная. Поскольку в данном случае реализуется алгоритм географически взвешенной модели, то гиперплоскость создаётся не в единичном экземпляре на всю территорию исследования, а во множественном – для каждой ОТЕ.

Для моделирования вероятности возникновения ОЭ на территории Воробьёв-

ского района в качестве входных данных для обучения модели использовался набор из 23319 наблюдений (ОТЕ), содержащих информацию о наличии, либо отсутствии ОЭ в их пределах, а также о генерализированном значении каждого фактора в операционных территориальных единицах.

В результате испытания различных вариантов моделей БГВР к наиболее оптимальной следует отнести модель, имеющую характеристики, представленные в табл. 1. Качество модели по показателю процентного отклонения (percent deviance) – 0,65.

Таблица 1. Характеристики используемой биномиальной географически взвешенной регрессии
Table 1. Characteristics of the binomial geographically weighted regression

Coordinates type	Projected
Spatial kernel	AB
Criterion for optimal bandwidth	CV
Bandwidth used	518.000
Effective number of parameters (trace(S))	469.523
Degree of freedom (n - trace(S))	22849.477
Deviance	14087.783
AIC	15026.829
AICc:	15046.167
BIC	18809.787
Percent deviance explained	-0.346
Adj. percent deviance explained	-0.376
Adj. alpha (95%)	0.001
Adj. critical t value (95%)	3.464

Мультимасштабная географически взвешенная регрессия Гаусса (МГВРГ) является базовым видом географически взвешенной регрессии, способной описывать и моделировать непрерывные данные при помощи распределения Гаусса [17].

Для моделирования возможной площади овражной эрозии, в случае наступления эрозионного события, в пределах Воробьёвского района в качестве входных данных для обучения данной модели использовался тот же набор ОТЕ с той лишь разницей, что он содержал информацию о проценте покрытия оврагами каждой ОТЕ (вместо присутствия и отсутствия эрозии, как в случае с БГВР). Оценка качества модели по коэффициенту детерминации (R^2) – 0,67. Общие характеристики модели представлены в таблице 2.

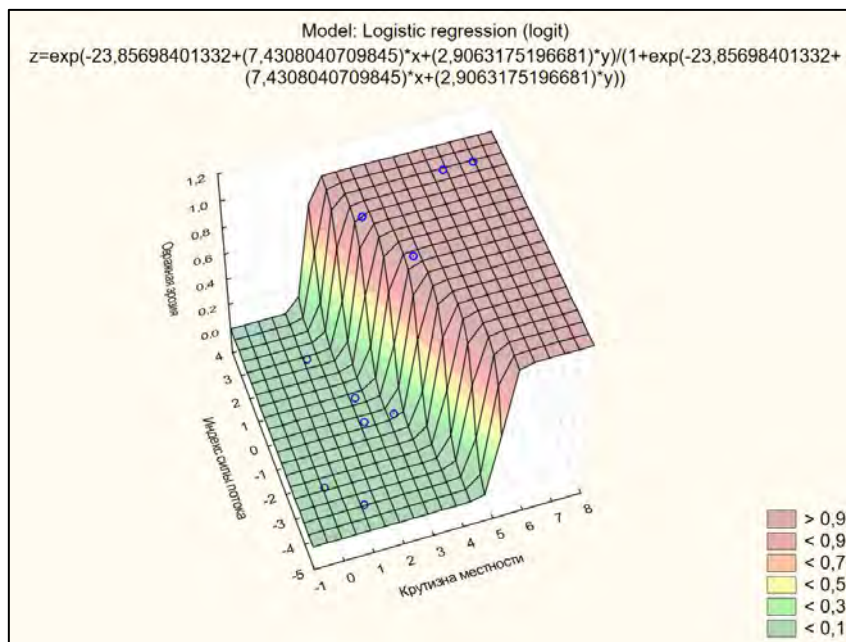


Рис. 8. Работа логистической регрессии на примерных данных с двумя зависимыми переменными (индекс силы потока и крутизна местности). Красная область гиперплоскости содержит классифицированные объекты присутствия овражной эрозии, а зелёная – отсутствия

Fig. 8. Operation of logistic regression on approximate data with two dependent variables (power index model and slope). The red area of the hyperplane contains classified objects of gully erosion, the green area contains its absence

Таблица 2. Характеристики используемой мультимасштабной географически взвешенной регрессии
Table 2. Characteristics of the multi-scale geographically weighted regression

Coordinates type:	Projected
Spatial kernel:	AB
Criterion for optimal bandwidth:	CV
Bandwidth used:	40; 60; 560; 40
Residual sum of squares:	8567.963
Effective number of parameters (trace(S)):	4165.509
Degree of freedom (n - trace(S)):	19153.491
Sigma estimate:	0.669
Log-likelihood:	-21414.287
Degree of Dependency (DoD):	0.309
AIC:	51161.592
AICc:	52974.919
BIC:	84731.251
R2:	0.633
Adj. R2:	0.553
Adj. alpha (95%):	0.000
Adj. critical t value (95%):	4.066

Для моделей БГВР и МГВРГ были дополнительно созданы парные модели, отличающиеся от исходных наличием стандартизации в данных. Именно по значе-

ниям β -коэффициентов в стандартизированных моделях представляется возможным сравнивать между собой факторы (по степени влияния) и устанавливать ведущий фактор оврагообразования в каждой конкретной ОТЕ.

Совместный учёт всех созданных моделей, включая стандартизированные версии, заключался в упаковке основных имеющихся данных в единую структуру. Базовая структурная единица общей модели представляла собой шестиугольник с размерностями 250 x 250 м, содержащий информацию о вероятности развития эрозии в данной ОТЕ и моделируемую площадь ОЭ в её пределах. Атрибутивная таблица содержала информацию о β -коэффициентах, вычисленных на основе стандартизированных версий моделей, а также уровень достоверности ячейки, полученный на основании р-уровней значимости и значений t-критериев (рис. 9). Всего выделялось 3 типа достоверности моделируемых значений в пределах ОТЕ: P (low) – низкая достоверность; P (normal) – средняя достоверность; P (high) – высокая достоверность.

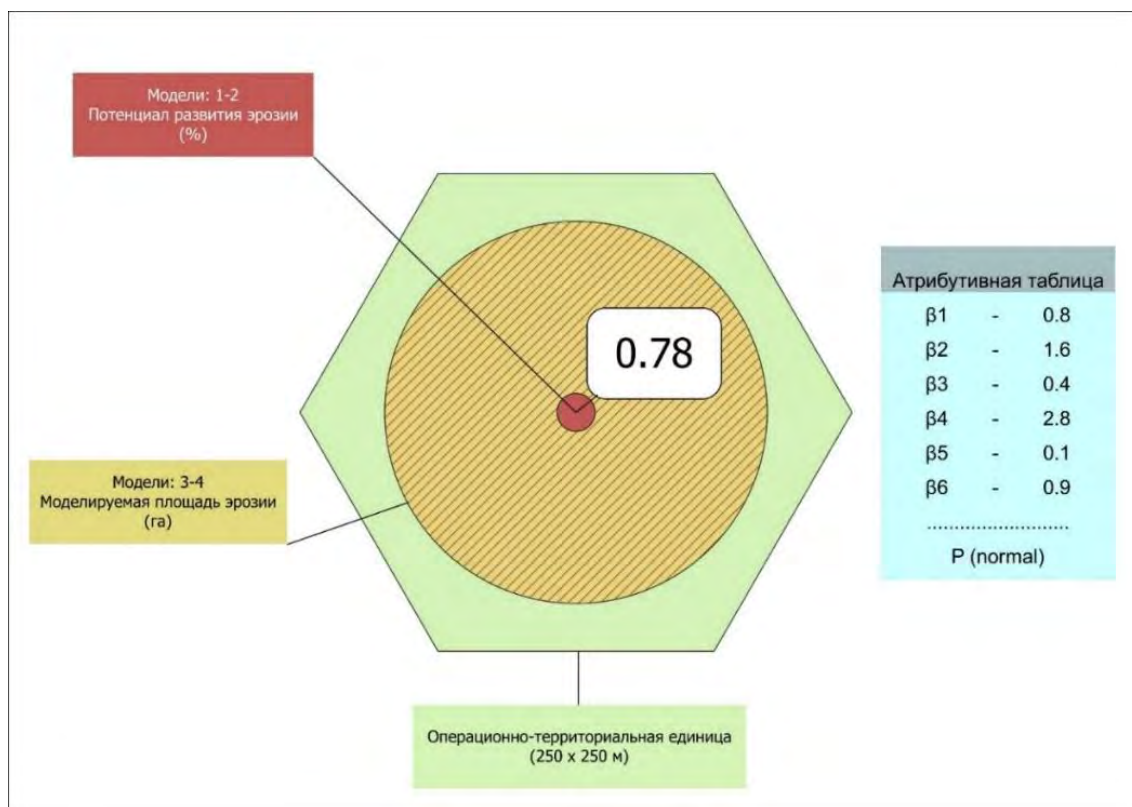


Рис. 9. Схематическое изображение комбинированной модели проявления эрозии
 Fig. 9. Schematic representation of the erosion combined model

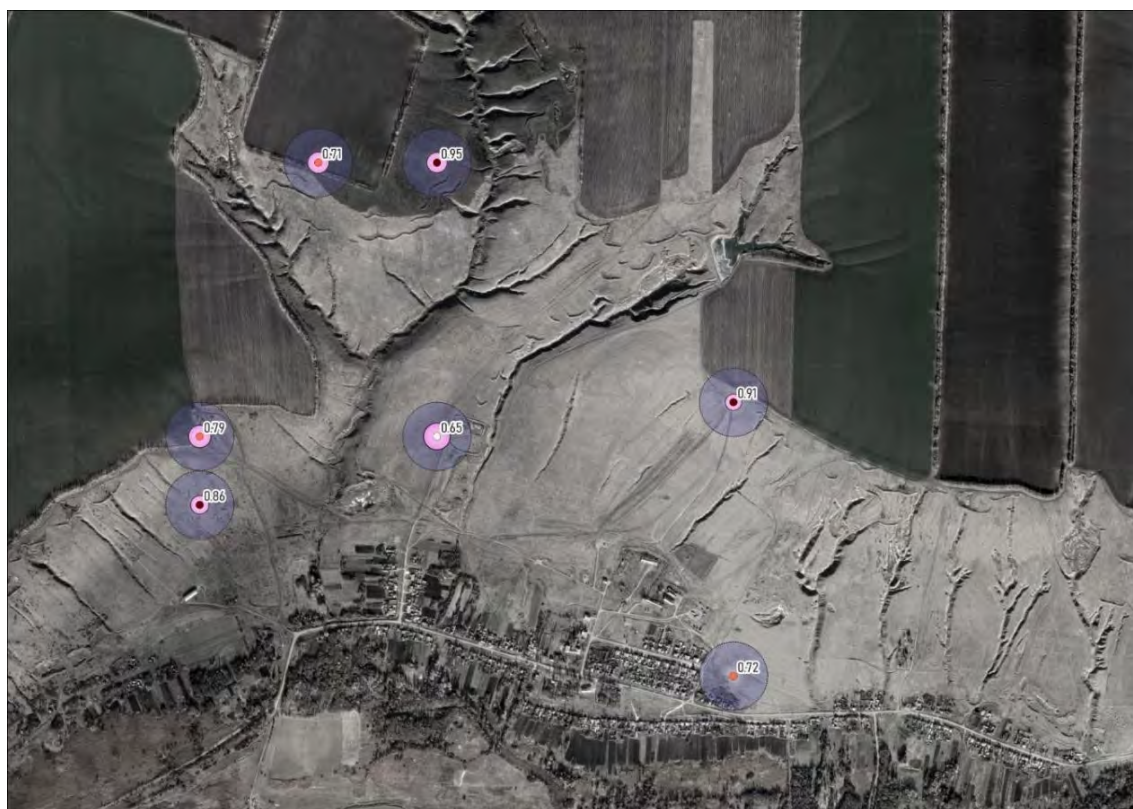


Рис. 10. Фрагмент модели проявления овражной эрозии
 Fig. 10. Fragment of the gully erosion model

В результате моделирования вероятности возникновения ОЭ был выявлен синергетический эффект между параметрами крутизны местности и индекса силы потока – их суммарный учёт в модели приводил к лучшей производительности, чем учёт каждого по отдельности. В целом в пределах Воробьёвского района определено 815 потенциальных очагов эрозии. Среди них 480 позиций относятся к категории маловероятных (вероятность проявления эрозии менее 66 %), 238 вероятных (вероятность 66–83 %) и 97 высоковероятных (вероятность выше 83 %). В пределах эрозионно-опасных участков суммарная моделируемая площадь эрозии составила 200 га, тогда как среднее значение в рамках одного участка – 0,25 га. Визуализация фрагмента модели вероятности проявления овражной эрозии представлена на рисунке 10.

Заключение

Моделирование вероятности проявления овражной эрозии методами машинного обучения на подготовительном этапе включал в себя создание специализированной базы данных, содержащей необходимую для последующего построения модели информацию об оврагах и природных факторах. Основными материалами для ее создания послужили картосхема распро-

странения оврагов на территории Воробьёвского района и серия цифровых моделей четырёх факторов (крутизны местности, индекса силы потока, вертикального расстояния от локального базиса эрозии, локальных неотектонических поднятий).

Результирующая модель вероятности проявления овражной эрозии основывалась на алгоритмах биномиальной географически взвешенной регрессии, мультимасштабной географически взвешенной регрессии Гаусса, а также на их стандартизированных версиях. Величина точности аппроксимации моделей составила 0,66, что является не эталонным, но хорошим результатом. В результате моделирования выявлена синергетическая связь между параметрами крутизны местности и индекса силы потока.

Некоторая релевантность полученных результатов подтвердила состоятельность применения методов машинного обучения для создания модели вероятности проявления овражной эрозии на территории Воробьёвского района Воронежской области. Тем не менее, предложенная модель, безусловно, нуждается в дальнейшем уточнении, полевой верификации и апробации в пределах других модельных районов.

Литература

1. Зорина Е. Ф. Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. М.: ГЕОС, 2003. 169 с.
2. Sidorchuk A. The theoretical approach to the modelling of gully erosion in cohesive soil. *Earth*. 2022;3(1):228-244. DOI:10.3390/earth3010015.
3. Alencar P. H. L., de Araújo J. C., Teixeira A. Physically-based model for gully simulation: application to the Brazilian Semiarid Region. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2019;24(8):4239-4255. DOI: 10.5194/hess-24-4239-2020
4. Saha S., Sarkar R., Thapa G., Roy J. Modeling gully erosion susceptibility in Phuentsholing, Bhutan using deep learning and basic machine learning algorithms. *Environmental Earth Sciences*. 2021;80(8):295.
5. Корецкий Н. А., Бевз В. Н. Некоторые закономерности проявления овражной эрозии на территории Воробьёвского района Воронежской области // Региональные ландшафтные исследования. 2020. Вып. 4. С. 113-122.
6. Дружелюбная эконометрика. Мультиколлинеарность. URL: <https://books.econ.msu.ru/Introduction-to-Econometrics/chap04/4.1/> (дата обра-

References

1. Zorina EF. Gully erosion: patterns and development potential. Moscow: GEOS, 2003:169. (In Russ).
2. Sidorchuk A. The theoretical approach to the modelling of gully erosion in cohesive soil. *Earth*. 2022;3(1):228-244. DOI:10.3390/earth3010015.
3. Alencar PHL, de Araújo JC, Teixeira A. Physically-based model for gully simulation: application to the Brazilian Semiarid Region. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2019;24(8):4239-4255. DOI: 10.5194/hess-24-4239-2020
4. Saha S, Sarkar R, Thapa G, Roy J. Modeling gully erosion susceptibility in Phuentsholing, Bhutan using deep learning and basic machine learning algorithms. *Environmental Earth Sciences*. 2021;80(8):295.
5. Koretsky NA, Bevez VN. Some patterns of manifestation of gully erosion on the territory of the Vorobyovskiy district of the Voronezh region. *Regional landscape studies*. 2020(4):113-122. (In Russ).
6. Friendly econometrics. Multicollinearity. URL: <https://books.econ.msu.ru/Introduction-to-Econometrics/chap04/4.1/> (accessed 15.05.2023). (In Russ).

щения: 15.05.2023).

7. Panagos P., Borrelli P., Meusburger K. A new European slope length and steepness factor (LS-Factor) for modeling soil erosion by water. *Geosciences*. 2015(5):117-126. DOI: 10.3390/geosciences5020117

8. Заславский М. Н. Эрозиоведение. М: Высшая школа, 1983. 320 с.

9. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в её бассейне. М.: Геогр. фак. МГУ, 2003. 353 с.

10. Stream power index. URL: <http://iflorinsky.impb.ru/si.htm> (дата обращения: 15.05.2023).

11. Чичагов В. П. Вальтер Пенк и его «Морфологический анализ» // Геоморфология. 2014. № 14. С. 73-79. EDN: TCSWET

12. Сетунская Л. Е. Овражная эрозия (методы изучения) // Методы полевых геоморфологических экспериментов в СССР. М.: Наука, 1986. С. 48-63.

13. Корецкий Н. А., Бевз В. Н. Естественные факторы оврагообразования и их географический анализ на территории Воробьевского района Воронежской области // Региональные ландшафтные исследования. 2022. Вып. 6. С. 20-38.

14. Запрыгаев С.А., Карпушин А. А. Вычисление и обучение искусственных нейронных сетей прямого распространения на графическом процессоре // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2011. № 1. С. 157-164. EDN: NZACFJ

15. Географически взвешенная регрессия (ГВП). URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/how-geographicallyweightedregression-works.htm> (дата обращения: 15.05.2023).

16. Мультимасштабная географически взвешенная регрессия (МГВП). URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/3.0/tool-reference/spatial-statistics/how-multiscale-geographically-weighted-regression-mgwr-works.html> (дата обращения: 15.05.2023).

17. SPARC. Multi-scale Geographically Weighted Regression. URL: <https://sgsup.asu.edu/sparc/multiscale-gwr> (дата обращения: 15.05.2023).

18. Обобщённые линейные смешанные модели. Назначение. URL: <https://www.ibm.com/docs/ru/spss-statistics/25.0.0?topic=models-target-generalized-linear-mixed> (дата обращения: 15.05.2023).

19. Геометрия машинного обучения. Разделяющие гиперплоскости или в чём геометрический смысл линейной комбинации? URL: <https://habr.com/ru/articles/324736/> (дата обращения: 15.05.2023).

7. Panagos P, Borrelli P, Meusburger K. A new European slope length and steepness factor (LS-Factor) for modeling soil erosion by water. *Geosciences*. 2015(5):117-126. DOI: 10.3390/geosciences5020117

8. Zaslavsky MN. *Erosioscience*. Moscow: Vysshaya shkola, 1983:320. (In Russ).

9. Makkaveev NI. River bed and erosion in its basin. Moscow: MSU, 2003:353. (In Russ).

10. Stream power index. URL: <http://iflorinsky.impb.ru/si.htm> (accessed 15.05.2023).

11. Chichagov VP. Walther Penck and his "morphological analysis". *Geomorfologiya*. 2014(14):73-79. EDN: TCSWET. (In Russ).

12. Setunskaya LE. Gully erosion (methods of study). *Methods of field geomorphological experiments in the USSR*. Moscow: Nauka, 1986:48-63. (In Russ).

13. Koretsky NA, Bevz VN. Natural factors of gully formation and their geographical analysis in the Vorobyovskiy District of the Voronezh Region. *Regional landscape studies*. 2022(6):20-38. (In Russ).

14. Zapryagaev SA, Karpushin AA. Computation and training of direct propagation artificial neural networks on a graphics processor. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Systems Analysis and Information Technologies*. 2011(1):157-164. (In Russ). EDN: NZACFJ

15. Geographically weighted regression (GWR). URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/how-geographicallyweightedregression-works.htm> (accessed 15.05.2023). (In Russ).

16. Multi-scale geographically weighted regression (MGWR). URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/3.0/tool-reference/spatial-statistics/how-multiscale-geographically-weighted-regression-mgwr-works.html> (accessed 15.05.2023). (In Russ).

17. SPARC. Multi-scale Geographically Weighted Regression. URL: <https://sgsup.asu.edu/sparc/multiscale-gwr> (accessed 15.05.2023).

18. Generalized linear mixed models. URL: <https://www.ibm.com/docs/ru/spss-statistics/25.0.0?topic=models-target-generalized-linear-mixed> (accessed 15.05.2023). (In Russ).

19. Geometry of machine learning. Separating hyperplanes or what is the geometric meaning of a linear combination? URL: <https://habr.com/ru/articles/324736/> (accessed 15.05.2023). (In Russ).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Корецкий Никита Анатольевич, магистр географии, преподаватель факультета географии, геоэкологии и туризма, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, nko-retskiy98@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0003-6451-4350>

Бевз Валерий Николаевич, кандидат географических наук, доцент факультета географии, геоэкологии и туризма, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, snark61@mail.ru, <https://orcid.org/000-0002-6024-1207>

Критерии авторства

Корецкий Н. А. – разработка методологии, анализ зарубежных литературных источников, обработка цифровых данных и моделирование овражной эрозии; Бевз В. Н. – анализ отечественных литературных источников, составление перечня факторов для моделирования овражной эрозии.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Статья поступила в редакцию 09.06.2023
Одобрена после рецензирования 10.07.2023
Принята к публикации 08.08.2023*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Nikita A. Koretsky, Master of Geography, Lecturer, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia, nko-retskiy98@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0003-6451-4350>

Valery N. Bevz, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia, snark61@mail.ru, <https://orcid.org/000-0002-6024-1207>

Contribution of the authors

Koretsky N. A. – methodology development, analysis of foreign literary sources, digital data processing and gully erosion modeling; Bevz V. N. – analysis of domestic literary sources, compiling a list of factors for gully erosion modeling.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

*The article was submitted 19.06.2023
Approved after reviewing 10.07.2023
Accepted for publication 08.08.2023*

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 911.375.631
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-56-63
EDN: YILXAN

Экологический фактор в системе рентных отношений краткосрочной аренды жилья

© 2023 Седищева А. В.¹, Новиков А. Н.^{✉2}

¹ Институт природных ресурсов, экологии и криологии
Сибирского отделения Российской академии наук
Чита, Россия, nastia_aquarius@mail.ru

² Забайкальский государственный университет
Чита, Россия, geonov77@mail.ru[✉]

РЕЗЮМЕ. Целью данного исследования является определение степени влияния экологического фактора на систему рентных отношений краткосрочной аренды жилой недвижимости (на примере города Читы). **Методы.** Используя материалы, собранные методом интервьюирования, были проведены полевые исследования с картографированием ареалов рентных факторов. Для достижения поставленной цели были также использованы методы: сравнительно-географический, формализация, пространственно-статистический анализ, географическое зонирование. **Результаты.** Созданы модели сочетания рентных факторов, которые присвоены каждому участку, имеющему жилую застройку. Проведено интервьюирование, выявившее приоритетные факторы экономико-географической оценки краткосрочной аренды жилой недвижимости. Построены картосхемы, позволяющие выделить ареалы с одинаковыми сочетаниями рентных отношений. **Выводы.** Произведенная оценка каждого выделенного участка по 5 рентным факторам, влияющим на ценообразование краткосрочной аренды жилой недвижимости, позволила сделать вывод о том, что стоимость аренды объектов жилой недвижимости зависит в большей степени от уровня инфраструктурной оснащенности и положения в транспортной системе города. В моделях районов центральной части города экологический фактор демонстративно игнорируется, так как занижает стоимость аренды, а точнее, делает ее более адекватной. В периферийных районах, где пока еще нет предложений краткосрочной аренды жилой недвижимости, этот фактор срабатывает, но рынок там не развит из-за большой конкуренции со стороны пригорода, где активно расстраиваются коттеджные поселки.

Ключевые слова: социально-экономическая география, краткосрочная аренда жилья, рынок недвижимости, экологический фактор, рентные отношения.

Благодарность

Статья выполнена в рамках государственного задания по проекту № FUFР-2021-001 «Механизмы обеспечения экономической устойчивости и экологической безопасности в новой модели развития регионов Востока РФ в условиях трансграничных отношений и глобальных вызовов XXI в.».

Формат цитирования: Седищева А. В., Новиков А. Н. Экологический фактор в системе рентных отношений краткосрочной аренды жилья // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 3. С. 56-63. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-56-63. EDN: YILXAN

The Environmental Factor in the System of Rental Relations of Short-Term Rental Housing

© 2023 Anastasia V. Sedishcheva¹, Alexander N. Novikov^{✉2}

¹ Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Chita, Russia, nastia_aquarius@mail.ru

² Transbaikal State University
Chita, Russia, geonov77@mail.ru✉

ABSTRACT. The aim of the paper is to determine the influence degree of the environmental factor on the system of rental relations for short-term rental of residential real estate (using the example of Chita city). **Methods.** It was carried out field research to map the areas of rental factors using the materials collected through interviews. To achieve this aim, the next methods were also used: comparative geographical, formalization, spatial statistical analysis, geographic zoning. **Results.** Models have been created for combining rental factors that are assigned to each plot with residential development. An interview was conducted that revealed the priority factors for the economic and geographical assessment of short-term rental of residential real estate. Maps have been constructed that make it possible to identify areas with identical combinations of rent relations. **Conclusions.** The assessment of each allocated plot according to 5 rental factors influencing the pricing of short-term rental of residential real estate suggests that the cost of renting residential real estate depends to a large extent on the level of infrastructure equipment and position in the city's transport system. In models of areas in the central part of the city, the environmental factor is pointedly ignored, because it lowers the cost of rent, or rather, makes it more adequate. In peripheral areas, where there are still no offers for short-term rental of residential real estate, this factor works, but the market there is not developed due to great competition from the suburbs, where cottage villages are actively being built.

Keywords: socio-economic geography, short-term rental housing, real estate market, environmental factor, rental relations.

Acknowledgment

The research was supported financially by the State Assignment for project No. FUFР-2021-001 «Mechanisms for ensuring economic sustainability and environmental safety in a new model for the regions development in the East of the Russian Federation in the context of cross-border relations and global challenges of the XXI century».

For citation: Sedishcheva AV, Novikov AN. The Environmental Factor in the System of Rental Relations of Short-term Rental Housing. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2023;17(3):56-63 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-56-63. EDN: YILXAN

Введение

Перед застройщиками жилья, оценщиками, собственниками квартир и другими участниками рыночных отношений в секторе недвижимости в процессе купли-продажи, сдачи недвижимого имущества в аренду стоит задача оценить объекты недвижимости. В научной литературе анализом вопросов оценки недвижимого имущества в системе управления собственностью уделяли внимание многие российские экономисты, среди которых: А. В. Буга, М. А. Марченко, К. А. Куприна, А. Г. Шарафутдинов, Н. Ю. Вейнбергс, А. Ю. Маврина и др. [1-3]. В. К. Лихобабин, М. Л. Саксон, А. В. Рукавишникова в группе факторов местоположения и окружения, определяющих уровень привлекательности жилой недвижимости, выделяют: тенденцию развития района, близость к деловому центру, соседство, криминальную ситуацию в районе [4]. Влияние экологической ситуации и эстетических параметров на ценообразование объектов жилой недвижимости в Англии рассматривал Д. П. Шатило. Автор пишет,

что в Лондоне архитектурный стиль дома, возраст и вид из окон ставятся в один ряд с ключевыми факторами и именно они нередко определяют выбор. Дома с миниатюрным садом или палисадником стоят почти вдвое дороже, чем без них. «Если окна выходят в парк или сквер, жилье будет на 20-30 % дороже, чем соседнее без такого вида. Цена зависит не только от района, но и от близости парка» [5, с. 53]. Исследования, проведенные в Германии и Швейцарии, показывают, что влияние экологических факторов (шум, загрязнение воздуха), характеризующих объект недвижимости, может формировать до 30 % стоимости [6]. Среди других факторов изменения стоимости недвижимости в исследованиях чаще всего рассматриваются качество жилья, его размеры, местоположение, транспортная доступность, престижность района и множество экономических условий приобретения и владения недвижимостью.

В Чите, как и в любом другом городе, экологический фактор существенно воздействует на качество жизни большинства

населения. От его влияния зависит сохранение состояния здоровья человека. Быстрые темпы развития технологий, увеличение количества транспортных средств негативно сказываются на состоянии окружающей среды и, как следствие, ухудшают здоровье населения. Поэтому изучение роли экологического фактора в экономико-географической системе рентных отношений краткосрочной аренды жилья является актуальным.

Материалы и методы исследования

Ведущим методом исследования стал метод интервьюирования, с помощью которого были определены доминирующие и подчиненные факторы в ценообразовании краткосрочной аренды жилья. Используя теоретический метод формализации, были созданы модели высокой, средней и низкой степени поляризации рентных факторов. Для достижения поставленной цели дополнительно был использован сравнительно-географический метод, который позволил авторам выделить территориальные различия в модельных сочетаниях рентных факторов. На основе выявленных различий авторы провели географическое зонирование, выделив в Чите 48 участков, в пределах каждого из которых набор рентных факторов однотипен, т. е. срабатывает одна из выделенных моделей, что было визуализировано в виде картографического изображения.

Результаты и их обсуждение

Ценообразующие факторы краткосрочной аренды жилой недвижимости разделяются на две группы: внутренние и внешние. Внутренние факторы – это характеристики самой недвижимости. Внешние факторы – экономико-географические, которые имеют свои виды и иерархию. Ценообразование – это компромисс между двумя группами внешних и внутренних факторов.

Внутренние факторы: материалы и технологии строительства дома, год постройки здания, этажность, площадь, класс жилья, планировка, высота потолков, отделка, состояние сантехнических систем и электропроводки, дополнительные удобства. Каждый из этих факторов влияет на конечную стоимость недвижимости, снижая или повышая ее. Эти факторы в первую очередь учитываются при определении стоимости объекта.

Внешние факторы существенно усложняют систему ценообразования. Недвижимость с однотипным сочетанием внутренних факторов может иметь раз-

личную стоимость благодаря различному сочетанию внешних.

Сочетание внешних факторов имеет диалектический характер поляризации на доминирующие и подчиненные.

Все факторы делятся на четыре иерархических типа (обозначены в таблице и на рисунках 1 и 2 геометрическими фигурами): главные (треугольником); ведущие (квадратом); значительные (окружностью) и незначительные (полукругом).




Приведем три выявленные модели поляризованных сочетаний внешних ценообразующих факторов в таблице.

Виды влияющих экономико-географических факторов (обозначены на картосхеме (рис. 1) цветами): положение в транспортной системе города (красный цвет); социально-инфраструктурная оснащенность (синий цвет); благоустройство территории (желтый цвет); эстетическая привлекательность (оранжевый цвет); экологическая ситуация (зеленый цвет).

Рассмотрим образующиеся по степени поляризации иерархические модели сочетания экономико-географических факторов.

Первая модель – «высокой степени поляризации» (таб.). Она образуется, когда из группы факторов выделяется один, становящийся главным, подавляющим действие остальных 4 факторов. Поляризация в сочетании факторов наблюдается между доминирующей (верхний ряд модели) и подчиненной (нижний ряд модели) подгруппой. В модели высокой поляризации верхний ряд представлен только одним – главным фактором, который большей частью и определяет цену в группе внешних факторов.

Таблица. Модели сочетания рентных факторов
Table. Models of the rental factors combination

Графическое отображение модели Model graphic display	Название модели Model name
	модель высокой степени поляризации
	модель средней степени поляризации
	модель низкой степени поляризации

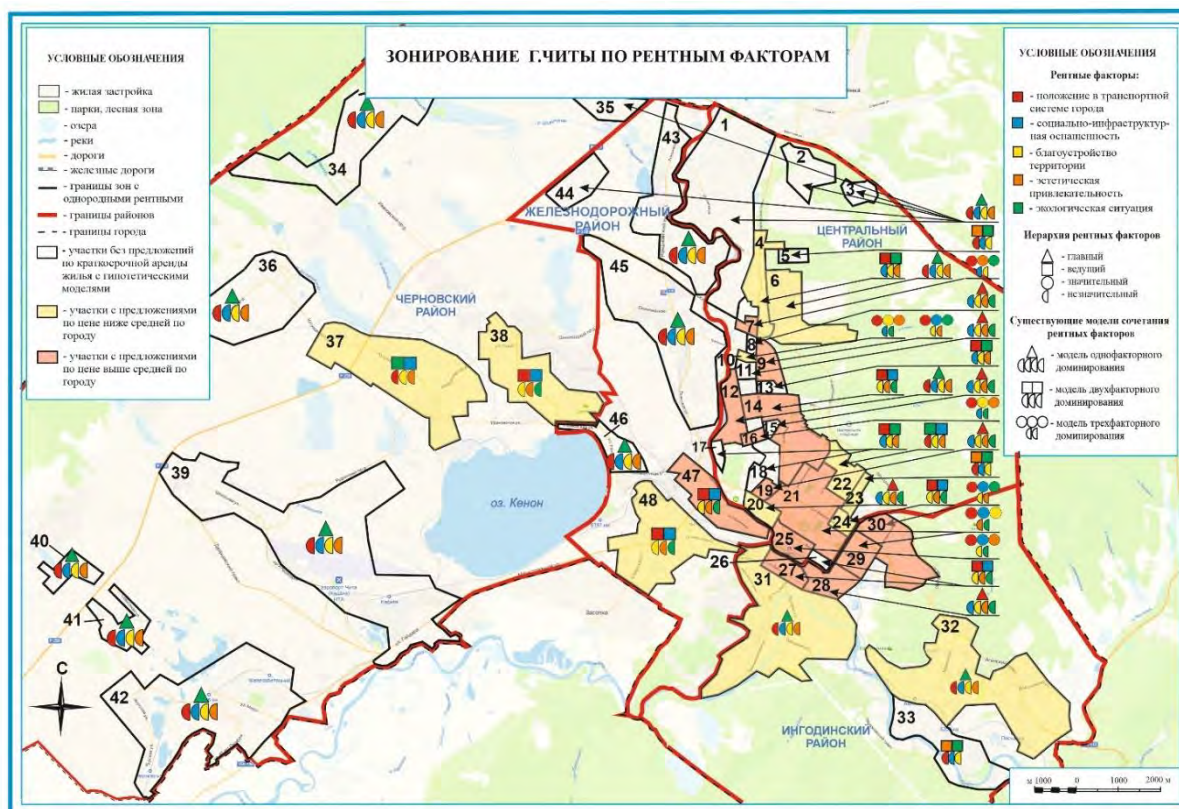


Рис. 1. Зонирование г. Читы по рентным факторам (составлено авторами)
 Fig. 1. Zoning of Chita city by rental factors (compiled by the authors)

Отметим, что главный фактор в сочетании может быть только один (обозначен треугольником). Модели с несколькими главными факторами выделять бессмысленно. В случае, когда в ценообразовании два фактора доминируют, имея одинаковое влияние, мы имеем дело с ведущими факторами (обозначены квадратами), которые формируют верхний – доминирующий ряд. Степень поляризации (разницы) между подгруппами доминирующей и подчиненной в этом случае убывает. Модель получает название «средней степени поляризации».

Ведущих факторов в сочетании может быть только два. В случае, когда в ценообразовании доминируют три фактора, имея одинаковое влияние, мы имеем дело со значительными факторами (обозначены на карте окружностями). Модель получает название «низкой степени поляризации».

Сбалансированных (неполяризованных) моделей в г. Чите нет. Кроме того, в группе подчиненных факторов степень влияния может быть различной, но в силу подчиненности влияния этой подгруппы, авторы уравнивают их.

В ходе работы было проведено зонирование территории г. Читы по поляризованному сочетанию ценообразующих экономико-географических факторов: положение в транспортной системе города; социально-инфраструктурная оснащенность; благоустройство территории; эстетическая привлекательность; экологическая ситуация. Для этого территория города была разделена на участки жилого сектора с одинаковым сочетанием рентных факторов: №№1-48.

Кроме этого, было обработано 432 предложения краткосрочной аренды жилья, из которых 344 находятся в Центральном районе (80 %), 61 – в Ингодинском (14 %), 17 – в Черновском (4 %) и 10 – в Железнодорожном (2 %).

Стоимость краткосрочной аренды жилой недвижимости Читы колеблется с 46 руб./м² (участок № 23 – район стадиона СибВО) до 80 руб./м² (участок № 7 – район Каштакского кольца) со средним значением по городу 59,5 руб./м² (рис. 2). Участков со стоимостью аренды ниже средней по городу насчитывается 12, из них 7 находятся в Центральном районе, 5 рас-

пределены по остальным районам. Участков со стоимостью выше средней – 11, 9 из них сосредоточены в Центральном районе города, в Ингодинском и Железнодорожном – по 1.

На участках, где отсутствуют предложения по краткосрочной аренде жилья, авторы провели экспертизу и построили модели самостоятельно, определив потенциальное сочетание рентных факторов. Эти нерабочие модели являются элементом географического прогноза.

Модели, находящиеся на участках, где имеется спрос и предложение, участвуют в ценообразовании краткосрочной аренды жилья, т. е. являются рабочими. Таких участков в городе насчитывается 24, что составляет половину от общего числа таковых по городу.

В рамках данного исследования рассмотрим только рабочие модели «высокой степени поляризации» рентных факторов в Чите, т. к. полученные результаты наиболее ярко демонстрируют ситуацию на рынке краткосрочной аренды жилья.

Участков с доминирующим экологическим фактором – 4 (№№ 6, 12, 31, 32).

Участок № 6 включает в себя частично пос. Каптак и микрорайон Сенная Падь. Жилой сектор представлен большей частью частными домами, многоэтажный жилой фонд насчитывает около 30 зданий. Количество предложений краткосрочной аренды жилья – 1. Стоимость аренды за одни сутки – 58 руб./м².

Участок № 12 на 2 км протянулся по берегу р. Чита. Объекты жилой недвижимости представлены в основном одноэтажными неблагоустроенными домами, четырех- и пятиэтажными домами старой постройки. Территория данного участка имеет непривлекательный вид, ее благоустройство отсутствует, социально-инфраструктурная оснащенность на низком уровне. По разным частям участка проходят всего 4 маршрута общественного транспорта – маршрутных такси. В 2021 г. здесь было завершено строительство крупнейшей школы Забайкальского края, рассчитанной на 1100 мест. В настоящее время к этому социально важному объекту подходит только лишь один маршрут. Количество предложений краткосрочной аренды жилья – 1. Стоимость аренды за одни сутки – 60 руб./м².

Участки №№ 31 и 32 расположены на территории Ингодинского района г. Читы, занимают обширную площадь (около 7 и 9 км² соответственно). Оба участка, так же как и предыдущие, имеют малоэтажную застройку, многоэтажные жилые дома представлены пятиэтажными панельными домами 1970-1990х гг. постройки. Экологическая составляющая на этой территории благоприятная, так как участки окружены лесными массивами. По участку № 31 проходит р. Ингода. Количество предложений краткосрочной аренды жилья на участке № 31 – 3 со средней стоимостью аренды за одни сутки – 50 руб./м²; на участке № 32 – 1, цена за сутки 48 руб./м².



Рис. 2. Средняя стоимость краткосрочной аренды жилья за 1 м² (доминирующие в пределах участка рентные факторы: Т – положение в транспортной системе города, И – социально-инфраструктурная оснащенность, Б – благоустройство территории, П – эстетическая привлекательность, Э – экологическая ситуация)

Fig. 2. The average cost of short-term rental housing for 1 m² (rental factors: T is position in the transport system of the city, И is social and infrastructural equipment, Б is landscaping, П is aesthetic appeal, Э is environmental situation)

Малое количество предложений в описанных участках можно объяснить высокой конкуренцией со стороны пригорода, который активно застраивается коттеджными поселками с более низкой, чем в городе, стоимостью земельных участков. Изучение пригородного рынка – это тема отдельного исследования, которая будет реализована нами в будущем.

Участков с одним доминирующим фактором положения в транспортной системе города 3 (№№ 19, 20, 28). Это участки, в которых кроме транспортной доступности сложно выделить другие ценообразующие факторы, т. к. они находятся на низком уровне или отсутствуют. На этих участках транспортная загруженность по городу максимальна, а значит, соответственно, – и уровень загрязнения атмосферного воздуха. Чита, расположенная в межгорной Читино-Ингодинской котловине, особенно в зимнее время испытывает температурные инверсии, которые формируют нисходящие по склонам хребтов воздушные потоки, прижимающие выбрасываемые в воздушный бассейн автотранспортом и тепловыми электрическими станциями загрязняющие вещества. Инверсионными явлениями из-за господства центра высокого давления (Сибирского антициклона) поддерживается безветренная погода. Чита входит в антирейтинг городов с самым загрязненным воздушным бассейном [7]. Однако эта проблема не получает своего отражения в системе рентных факторов. Рынок не реагирует на этот экологический фактор. Реакция должна прослеживаться в сезонных колебаниях цены. Зимой цена должна быть ниже, так как проблема чистого воздуха обостряется из-за Сибирского антициклона и температурных инверсий, а с разрушением антициклона (с февраля) – повышаться. В ноябре цены должны снова опускаться, однако этого не происходит. Имеет место демонстративное игнорирование экологического компонента в системе рентных факторов.

Участок № 19 площадью 0,4 км² находится между улицами Ленина – Красноармейская – Бабушкина – Будочная. Большая часть этой территории занята неблагоустроенным жилым сектором. Но этот участок является перспективным для строительства. За последние 15 лет здесь построено 7 высокоэтажных жилых домов с 1128 жилыми помещениями и общей площадью всех помещений 83

003,2 м² [8]. В настоящее время продолжается активная застройка, возводится жилищный комплекс «Современник», который пользуется большим спросом у населения. Из объектов инфраструктуры здесь находятся автомагазины, автосервисы, автоцентры, количество которых достигает 20 (плотность на 1 км² составляет 50 таких предприятий). Кроме этого, имеется 3 частных медицинских клиники, 7 предприятий общественного питания, 4 из которых расположены в крупном ТЦ «Столица», заочное отделение Читинского педагогического колледжа, детский сад № 64, фонд социального страхования. Бесплатного медицинского обслуживания и средней общеобразовательной школы на этом участке нет. При этом район имеет большой потенциал развития, но на данный момент здесь можно выделить только один ценообразующий фактор – транспортную доступность. Количество предложений краткосрочной аренды жилья на участке – 14, со средней стоимостью аренды за одни сутки – 61 руб./м².

Участок № 20 площадью 0,45 км² расположен в юго-западной части Центрального района между улицами Ленина, Богомягкова и р. Чита. Жилая застройка составляет 20 % участка, большей частью это малоэтажные старые дома 1950-1980 гг. постройки. В 2017 г. был возведен 17-этажный кирпичный дом с 122 жилыми помещениями и общей площадью 11 461,9 м². Большую территорию (около 11 %) занимает гаражный кооператив. Все это объясняет низкий уровень благоустройства и эстетической привлекательности этой территории. Более половины всех организаций, имеющих на этом участке (16), оказывают различные услуги владельцам автомобильной техники. Кроме этого, на участке располагаются Читинский районный суд, арбитражный апелляционный суд, автошкола, коммунальная служба, 3 учреждения общественного питания. Образовательные учреждения здесь не представлены. Ближайшая средняя общеобразовательная школа находится в радиусе 1 км, преодолеть расстояние до которой необходимо через несколько автомобильных дорог. Транспортная инфраструктура на этом участке развита хорошо, пассажирские перевозки здесь осуществляют 4 маршрута автобусов, 21 – маршрутных такси и 3 – троллейбуса. Все описанные объекты и условия на этой территории формируют

модель с одним доминирующим фактором положения в транспортной системе города. Количество предложений краткосрочной аренды жилья на участке – 3, средняя стоимость аренды за одни сутки – 57 руб./м².

Участок № 28 расположен в Ингодинском районе, имеет площадь 1,1 км², с севера граничит с Центральным районом, с запада р. Чита и ул. Шевченко. Инфраструктура здесь развита очень слабо. Учреждений, оказывающих медицинские услуги населению, нет. Из образовательных учреждений имеется 1 среднее образовательное учреждение и 1 дошкольное. Здесь расположен один из главных символов города, уникальный объект культурного наследия – музей декабристов, расположенный в старинном деревянном здании Старо-Читинской Михайло-Архангельской церкви, построенной в 1776 г. С 2023 г. от сквера Любви и Верности, расположенного в этом же участке, к этому историческому памятнику (музею) проложен туристический пешеходный маршрут с аудиогидом «Квартал декабристов». В этой исторической части города сохранились несколько деревянных домов XIX в., принадлежащие женам декабристов и представляющие большой интерес для гостей города, историков, архитекторов. Кроме этого, на территории участка расположены производственные предприятия: Читинская ТЭЦ-2, текстильная компания, ТГК-14, предприятие по изготовлению искусственного мрамора, тротуарной плитки и облицовочного камня из бетона, компания по производству дорожных установок. На этом участке автоами выделен один доминирующий фак-

тор транспортной доступности, т. к. здесь функционируют 7 внутригородских маршрутов, имеется автобусное сообщение с муниципальными районами края, а также здесь проходит железнодорожная ветка Транссибирской магистрали, по которой имеется выход за пределы Забайкальского края. Количество предложений краткосрочной аренды жилья на участке – 3, средняя стоимость аренды за одни сутки – 60 руб./м².

Все вышеописанное позволяет сделать вывод о том, что фактор транспортной доступности является здесь доминирующим, главным. Пассажиры перевозятся на этом участке осуществляются в основном автобусным и частным маршрутным транспортом. Через главную транспортную артерию участка – остановку «Пожарка» – проходит 15 маршрутов автобусов и 17 – маршрутных такси. Также участок имеет троллейбусное сообщение с Центральным и Ингодинским административными районами по 2 маршрутам.

Заключение

Таким образом, экологический фактор имеет перспективу не просто его включения в систему сочетания рентных факторов, а занятия в ней достойных позиций. Управление рынком затруднено, так как в своем большинстве он имеет «теневой» характер. Представленное исследование получит конструктивное воплощение только при полной легализации рынка недвижимости. Однако экономико-географическая наука должна срабатывать на опережение и должна быть готова к предстоящим изменениям. Ценность проведенного исследования определит будущее.

Список источников

1. Буга А. В., Марченко М. А., Куприна К. А. Оценка недвижимого имущества для целей судопроизводства // Экономика и управление народным хозяйством (Санкт-Петербург). 2020. № 12(14). С. 40-46. EDN: FFNTJK
2. Шарафутдинов А. Г., Вейнбергс Н. Ю. Оценка стоимости недвижимого имущества // Аллея науки. 2022. Т. 1. № 12(75). С. 353-355. EDN: GPVICC
3. Маврина А. Ю. Оценка рыночной стоимости отдельных видов недвижимого имущества // Economics. 2017. № 8(29). С. 17-22. EDN: ZFHJHV
4. Лихобабин В. К., Саксон М. Л., Рукавишникова А. В., Джантазаева К. Е., Шарафудинова Д. Р. Создание конкурентных отношений на рын-

References

1. Buga AV, Marchenko MA, Kuprina KA. Valuations of real estate for the purposes of legal proceedings. *The National Economy and Management (Saint-Petersburg)*. 2020(12(14):40-46. (In Russ). EDN: FFNTJK
2. Sharafutdinov AG, Weinbergs NYu. Assessment of the real estate value. *Alley of Science*. 2022;1(12(75):353-355. (In Russ). EDN: GPVICC
3. Mavrina AYu. Assessment of the market value of real estate certain types. *Economics*. 2017(8(29):17-22. (In Russ). EDN: ZFHJHV
4. Likhobabin VK, saxon ML, rukavishnikova AV, dzhantazaeva KYE, et al. *Journal of Altai Academy of Economics and Rights*. 2021(8-2):152-162. (In Russ). DOI: 10.17513/vaael.1824. EDN: IOBRAS
5. Shatilo DP. Role of the residential real es-

ке жилья, влияющие на снижение стоимости жилых помещений // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 8-2. С. 152-162. DOI: 10.17513/vaael.1824. EDN: IOBRAS

5. Шатило Д. П. Роль рынка жилой недвижимости в этносоциальной дифференциации европейских столиц: Лондона, Парижа, Мадрида, Берлина и Москвы // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015. № 1. С. 48-63. EDN: TNXQFN

6. Ахмедина К. К. Подходы к учету экологических факторов при формировании цены на недвижимость на примере г. Астана // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017. Т. 25. № 3. С. 442-447. DOI: 10.22363/2313-2310-2017-25-3-442-447. EDN: YTYZHB

7. Звягинцева О. Ю. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения г. Чита (Забайкальский край): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2014. 19 с. EDN: ZPGDZF

8. Онлайн-сервис Дом.МинЖКХ: жилой фонд в городах Российской Федерации. Москва. URL: <https://dom.mingkh.ru/zabaykalskiy-kray/chita/593814> (дата обращения: 25.07.23)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Сидишева Анастасия Владимировна, аспирант лаборатории географии и регионального природопользования, Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, Чита, Россия, nastia_aquarius@mail.ru

Новиков Александр Николаевич, доктор географических наук, доцент, профессор кафедры географии, безопасности жизнедеятельности и технологий, Забайкальский государственный университет, Чита, Россия, geonov77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7086-6278>

Критерии авторства

Сидишева А. В. – проведение опроса, полевых исследований, анализ и статистическая обработка результатов, подготовка картографического материала; Новиков Н. А. – постановка задач и разработка этапов исследования, окончательное утверждение варианта статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 08.08.2023
Одобрена после рецензирования 30.08.2023
Принята к публикации 01.09.2023

tate market in the ethnosocial differentiation of European capitals: London, Paris, Madrid, Berlin and Moscow. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2015(1):48-63. (In Russ). EDN: TNXQFN

6. Akhmedinova K.K. Approaches to accounting environmental factors in forming the price for real estate by the example of Astana. *Rudn Journal of Ecology and Life Safety*. 2017;25(3):442-447. (In Russ). DOI: 10.22363/2313-2310-2017-25-3-442-447. EDN: YTYZHB

7. Zvyagintseva O.Yu. The influence of atmospheric air pollution on the health of the population of Chita (Trans-Baikal Territory): Author's abstract of Ph.D. (Biology). Ulan-Ude, 2014:19. (In Russ). EDN: ZPGDZF

8. Online service Dom.MinZhKH: housing stock in the cities of the Russian Federation. Moscow. URL: <https://dom.mingkh.ru/zabaykalskiy-kray/chita/593814> (accessed 25.07.23). (In Russ).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Anastasia V. Sedishcheva, Ph.D. student, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia, nastia_aquarius@mail.ru

Alexander N. Novikov, Doctor of Science (Geography), Associate Professor, Professor, Department of Geography, Life Safety and Technologies, Transbaikal State University, Chita, Russia, geonov77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7086-6278>

Contribution of the authors

Sedishcheva A. V. – survey, field research, analysis and statistical processing of results, preparation of cartographic material; Novikov N. A. – setting tasks and development of research stages, final approval of the article version.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 08.08.2023
Approved after reviewing 30.08.2023
Accepted for publication 01.09.2023

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 504.06
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-64-71
EDN: TLZKBH

Основные черты ценового зонирования на примере кадастровой стоимости земельных участков территории городского округа город Грозный

© 2023 Сутормина Э. Н. ✉, Турун П. П., Полушковский Б. В.
Северо-Кавказский федеральный университет
Ставрополь, Россия, sutormina_ella@mail.ru ✉; turun_geo61@mail.ru;
boris_pol@rambler.ru

РЕЗЮМЕ. **Цель.** Рассмотреть проблемы распределения ценовых зон городского округа город Грозный. Провести инвентаризацию факторов зонирования, определить соотношение понятий ценовое и оценочное зонирование на примере крупного города с интенсивно развивающимся рынком недвижимости. **Методы.** Сбор, систематизация и обработка исходных данных, анализ и синтез, обобщение, сравнительно-географический, картографический. **Результаты.** В работе рассмотрены проблемы распределения ценовых и функциональных зон городского округа город Грозный. Проведена инвентаризация факторов зонирования, определено соотношение понятий ценовое и оценочное зонирование на примере крупного города с интенсивно развивающимся рынком недвижимости. Выявлены и проанализированы соответствия кадастровой стоимости земельных участков определенного вида разрешенного использования одной функциональной зоны различных административных районов. **Выводы.** Качественное ценовое зонирование, как часть оценочного зонирования, может повысить достоверность результатов кадастровой оценки. Это снизит социальную напряженность, которая вызвана разногласиями, связанными с результатами кадастровой оценки земельных участков в населенных пунктах.

Ключевые слова: ценовое зонирование, кадастровая стоимость, функциональное зонирование, земельный участок.

Формат цитирования: Сутормина Э. Н., Турун П. П., Полушковский Б. В. Основные черты ценового зонирования на примере кадастровой стоимости земельных участков территории городского округа город Грозный // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 3. С. 64-71. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-64-71. EDN: TLZKBH

The Main Features of Price Zoning Using the Example of the Land Plots Cadastral Value in Grozny City Urban District

© 2023 Ella N. Sutormina ✉, Pavel P. Turun, Boris V. Polushkovsky
North Caucasus Federal University
Stavropol, Russia, sutormina_ella@mail.ru ✉; turun_geo61@mail.ru; boris_pol@rambler.ru

ABSTRACT. The aim is to consider the issues of price zones distribution in Grozny city urban district, to conduct a zoning factors inventory and determine the relationship between the concepts of price and assessment zoning using the example of a large city with an intensively developing real estate market. **Methods.** Collection, systematization and processing of initial data, analysis and synthesis, generalization, comparative geographical, cartographic. **Results.** The paper examines the distribution issues of price and func-

tional zones of Grozny city urban district. It was carried out an inventory of zoning factors, the relationship between the concepts of price and assessment zoning was determined using the example of a large city with an intensively developing real estate market. It was identified and analyzed the correspondence of the cadastral value of certain type land plots of permitted use of one functional zone in different administrative districts. **Conclusions.** High-quality price zoning, as part of assessment zoning, can increase the reliability of cadastral valuation results. This will reduce social tension caused by disagreements related to the results of cadastral valuation of land plots in populated areas.

Keywords: price zoning, cadastral value, functional zoning, land plot.

For citation: Sutormina EN, Turun PP, Polushkovsky BV. The Main Features of Price Zoning Using the Example of the Land Plots Cadastral Value in Grozny City Urban District. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2023;17(3):64-71 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-64-71. EDN: TLZKBH

Введение

Долгое время в системе кадастровой оценки теме оценочного и ценового зонирования не уделялось должного внимания. В последние годы она приобрела значимость благодаря тому, что в оценочную деятельность были привнесены иные технические, информационные, методологические и социально-экономические факторы [1]. Все чаще встречаются тенденции понимания термина «зонирование» как выделение территориальной зоны, это происходит потому, что в будущем возможен отказ от понятия «категории земель» [2; 3]. В Госдуме находится законопроект об отмене понятия категории земель, согласно которому, во избежание путаницы, есть необходимость ввести унифицированный документ. Предположительно это правила землепользования и застройки.

Высокая социальная значимость результатов кадастровой оценки приводит к повышению интереса к зонированию, связанному с кадастровой оценкой.

Также кадастровая стоимость применяется для определения цены выкупа за землю и стартовой стоимости, при проведении торгов, а также для выявления налоговых возможностей муниципальных образований в сфере определения размеров субсидий и субвенций [4]. Грозненский городской округ вызывает особый интерес в связи с усилением освоения земель населенных пунктов, увеличением их стоимости и ослаблением значимости добывающей промышленности, а также наращиванием непромышленной сферы экономики и строительства, связанного в первую очередь с вводом жилья в эксплуатацию. За последние годы значение городских земель возрастает в связи с вос-

становлением территорий республики после кризиса и усилением мер жилищной политики для граждан, утративших жилье.

Организация и эффективность использования земельных ресурсов городов всегда привлекали внимание исследователей. Так, вопросами кадастровой оценки, ценового и оценочного зонирования занимались Н. А. Иоселиани, А. В. Пылаева, А. И. Нартенко, А. А. Готов и др. [5-8].

Материалы и методы исследования

Для выполнения исследования были использованы фондовые и архивные материалы, данные с официальных сайтов администрации Чеченской Республики, сведения картографических источников, схем территориального планирования.

Методы исследования включали сбор, систематизацию и обработку исходных данных, анализ и синтез, обобщение, сравнительно-географический, картографический.

Изучив и проанализировав многочисленные труды отечественных и зарубежных ученых, можно сказать, что мнения по определению факторов ценообразования в целом схожи.

Все авторы едины в том, что факторами зонирования являются:

- общая площадь квартала;
- количество участков в квартале;
- среднее значение удельного показателя кадастровой стоимости земель;
- количество видов разрешенного использования (ВРИ);
- наличие зон с особыми условиями использования территорий;
- наличие водных объектов;
- наличие рекреационной инфраструктуры;

– удаленность от аэропорта и других транспортных узлов.

Грозненский городской округ находится в Чеченском кадастровом округе с кадастровым номером 20, который включает в себя 2351 кадастровый квартал, по части которых (529 кварталов) были собраны и сгруппированы данные кадастровой стоимости.

Рассматриваемый населенный пункт исследован нами как городской округ с прилегающими и включенными в него пригородными территориями. Это сделано по причине того, что кадастровый район 20:17 в системе кадастрового деления России включает в себя именно городской округ, а не населенный пункт.

Поскольку в опубликованных документах по кадастровой стоимости приведены стоимостные показатели для отдельно взятых участков, в число задач нашего исследования входило и определение удельных показателей кадастровой стоимости для различных ВРИ. Определение показателей для отображения территориальных особенностей кадастровой стоимости и величин удельных показателей для города по кварталам Грозного проводилось следующим образом: по районам города в пределах кадастровых кварталов выявлялся наиболее распространенный ВРИ (более 70 % от общего числа участков в пределах кадастрового квартала). В соответствии с правилами и принципами кадастрового деления территории населенных пунктов происходит это именно по принципу группировки участков по однородности размеров участков. После выявления преобладающего ВРИ земельных участков в каждом квартале были определены границы удельных показателей кадастровой стоимости по площади участка и их общей стоимости.

Результаты и их обсуждение

Город представлен как территориальная сложная система с множеством зон различного ранга и назначения. Так, границы наиболее высокого ранга – это границы административных районов. Грозненский городской округ делится на четыре внутригородских района. В рамках административно-территориального устройства Чеченской Республики (ЧР) он является городом республиканского значения. Районы города не являются муниципальными образованиями. Внутригородские районы Грозненского

городского округа: 1. Ахматовский; 2. Байсангуровский; 3. Висаитовский; 4. Шейх-Мансуровский (рис. 1).

Функциональные зоны представляют собой устойчивый каркас и определяют правовой статус с набором регламентов и ВРИ земельных участков. У некоторых авторов это зонирование основывается на правовых факторах, и эти правовые факторы отнесены в одну группу производственных факторов ценообразования. На наш взгляд, учет этих факторов необходим в исследовании, поскольку именно они определяют ценность земель, не затрагивая при этом социально-экономические и экологические факторы.

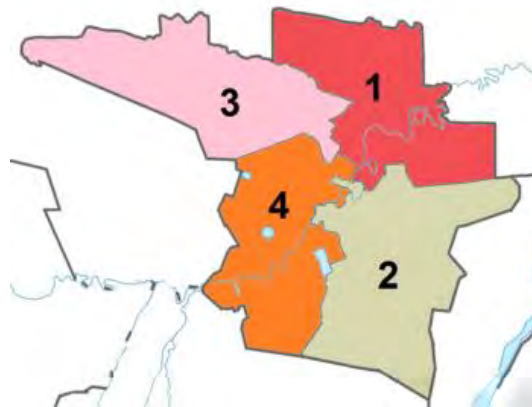


Рис. 1. Внутригородские районы Грозненского городского округа [9]

Fig. 1. Inner-city areas of Grozny city urban district [9]

Так, при наложении двух систем границ, указанных выше, можно описать преобладание в каждом районе тех или иных функциональных зон. Висаитовский район характеризуется преобладанием производственной зоны с небольшими площадями жилой застройки малоэтажного типа и индивидуальной застройки. Здесь они отмечены как преобладающие ВРИ, в соответствии с функциональным зонированием. Здесь представлены зоны: производственная, зона малоэтажной жилой застройки, зона лесов, зона общественно-деловая многофункциональная, а также зона специализированной общественной застройки, которая представлена наименьшей площадью.

В процессе исследования нами было предложено выделение ценовых зон в следующем виде:

1 зона – 5 000-7 000,

- 2 зона – 2 500-5 000,
- 3 зона – 500-2 500,
- 4 зона – 10-500 руб/м²

Опираясь на предложенную нами градацию ценовых зон, можно сказать, что в Висаитовском районе, например, преобладают зоны 2 и 3 (рис. 2; 3). В указанном районе значительные площади представлены индивидуальной жилой застройкой с достаточно высокими ценами, достига-

ющими 3 000 руб/м². В производственной зоне (обширной и расположенной вдоль транспортной магистрали) ценовая картина представляет собой диапазон 500-2 500 руб/м². Так, например, в других административных районах, таких как Шейх-Мансуровский, есть производственные зоны в ценовой категории 2 500 руб/м² и выше. В ценовой зоне 10-500 руб/м² расположены защитные леса.

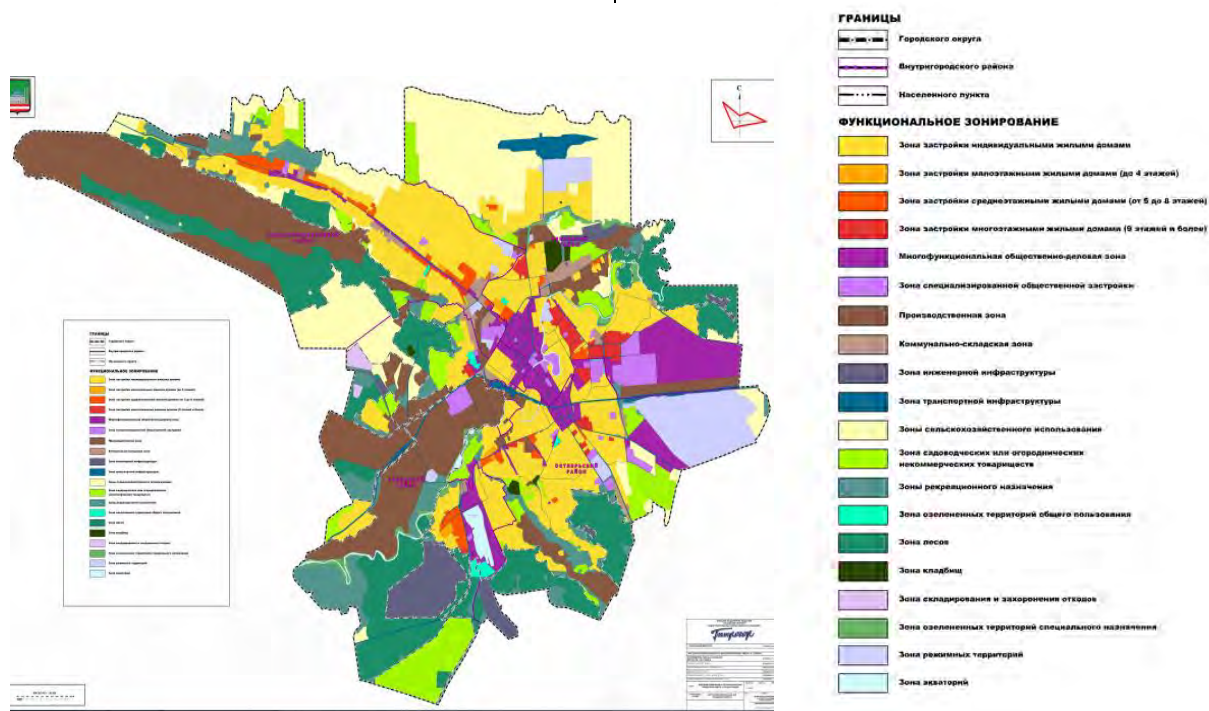


Рис. 2. Карта функционального зонирования городского округа город Грозный [10]
 Fig. 2. Map of functional zoning of Grozny city urban district [10]

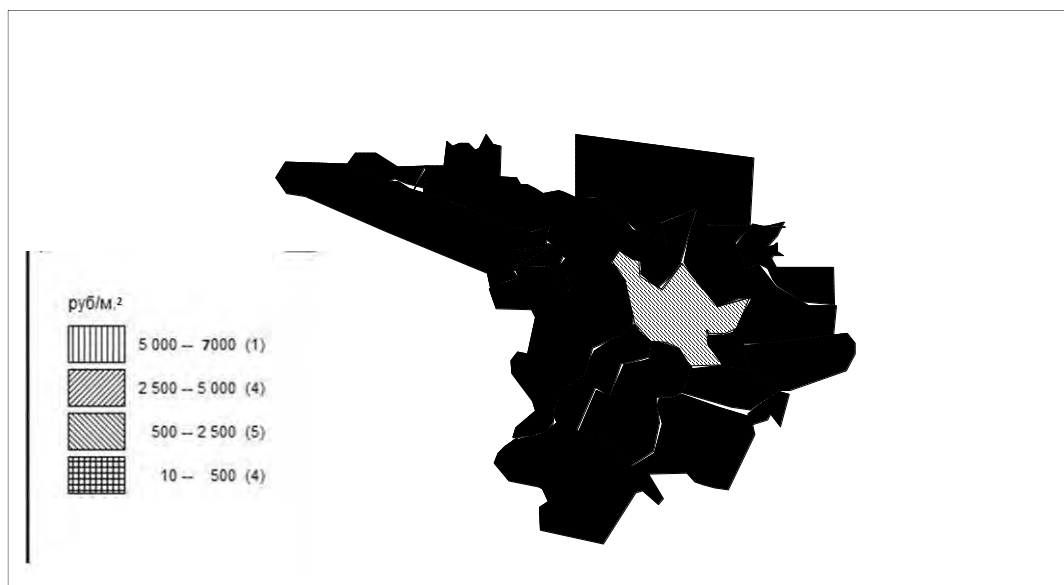


Рис. 3. Ценовое зонирование территории Грозненского городского округа (масштаб 1:4000)
 Fig. 3. Price zoning of Grozny city district (scale 1:4000)

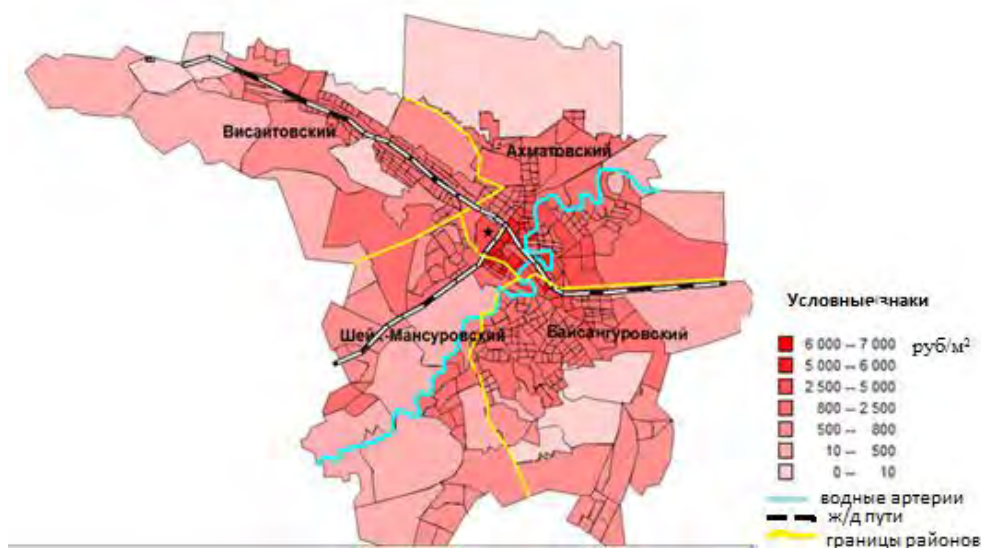


Рис. 4. Распределение показателей кадастровой стоимости на территории г. Грозного (2019) (масштаб 1:4000)

Fig. 4. Distribution of cadastral value indicators in Grozny city (2019) (scale 1:4000)

Ахматовский район включает в себя 80 % всей многофункциональной общественно-деловой зоны с наибольшим спектром ВРИ, лишь в этом районе есть зона многоэтажной жилой застройки. В пределах общественно-деловой зоны расположена 1 ценовая зона – 5 000-7 000 руб/м². Лишь на севере Ахматовского района расположена зона сельскохозяйственного использования, а на северо-востоке – зона лесов, относящихся к 3 ценовой зоне.

Байсангуровский район можно отнести так же к району с высокими ценами. Из функциональных зон преобладающее распространение имеют жилая зона под индивидуальное жилищное строительство, садоводческие товарищества, рекреационная, значительная зона лесов. Также есть участки под режимными объектами. Преобладающая ценовая зона – 3 – 500-2 500 руб/м².

Опираясь на идеи в трудах Н. А. Иоселиани [1] и на анализ полученных данных по соотношению административных районов, функциональных и ценовых зон, приходим к выводу, что в Байсангуровском районе на юго-востоке наименьшее соответствие цен аналогичным участкам Висаитовского района лесной зоны и зоны жилой застройки. Несмотря на близость к центру, в Байсангуровском районе кадастровая стоимость ниже по причине удаленности от главных транспортных магистралей, сложности рельефа, наличия значительных лесных массивов, а также зоны режимных объектов.

Шейх-Мансуровский район характеризуется наименьшими показателями цен. Преобладающие зоны, согласно карте функционального зонирования, – это производственные, лесные, рекреационные и садоводческие. Соответствует ценовым зонам 3 – с показателями 500-2 500 руб/м² и 2 – 2 500-5 000 руб/м².

В пределах кадастрового района 20:17 городского округа город Грозный расположено 529 кварталов. Участки с установленными границами составляют 40%, как и в случае с округом. Самые крупные кварталы расположены в северной части, это территория аэропорта, здесь же – земли сельскохозяйственного использования. На западе обширная зона старопромысловского района, с ВРИ: для размещения газопроводов и под объекты инженерного оборудования для нефтяных и газоносных скважин. Под размещение газопровода есть участки в пределах самого населенного пункта в его центральной части. Стоимость участков этого ВРИ составляет 10 руб/м², под скважины – 500 руб/м².

Висаитовский район представлен наибольшей долей площадей в пределах производственной функциональной зоны. Преобладающие ВРИ по мере убывания – транспорт, связь и инженерные коммуникации, недропользование. Около 46 % земельных участков относятся к фонду перераспределения земель, к

землям под служебные наделы, имеющие особый статус. В этом районе находится правительственный комплекс на земельном участке, с кадастровой стоимостью 2 500 руб/м², соответствует 2 ценовой зоне. Вдоль железнодорожной магистрали сосредоточены участки под индивидуальное строительство и немного земель сельскохозяйственного использования.

До 40 % приходится под земли транспорта, находящиеся в северной части Ахматовского района. В этом районе много участков под садоводческие хозяйства и дачи, стоимость которых составляет 1 100 руб/м², земли под размещение кладбищ. Под индивидуальное строительство участки оценены в 1 400 руб/м². В Ахматовском районе большую площадь занимают многофункциональные общественно-деловые зоны, где стоимость земли может достигать 6 000-7 000 руб/м², соответствует 1 ценовой зоне. Эти участки расположены в кварталах пересечения проспекта Путина, ул. Назарбаева, где расположены дворцы спорта, культовые объекты, мечети, стадионы.

На границе Ахматовского и Висаитовского районов расположены участки для правительственных зданий и зданий органов МВД, здесь же – участки наиболее дорогого многоэтажного жилья стоимостью 5 500 руб/м² и более. Сосредоточены они вдоль железнодорожных магистралей, по которым проходят условные границы районов, и соответствуют 1 ценовой зоне. Висаитовский район включает земельные участки с ВРИ – «недропользование», здесь находятся кварталы, где число участков под нефтяные скважины достигает максимума. В этом же районе – кварталы с правительственным комплексом зданий на проспекте Путина стоимостью 2 500 руб/м² (в том числе участки под строительство административных зданий для МВД). Здесь же расположен один из главных архитектурных ансамблей – мечеть имени Ахмата Кадырова (Сердце Чечни), стоимость земли здесь достигает 5 500 руб/м². Свообразным разделителем «ценовых зон» служат как магистрали железных дорог, так и водные артерии.

В Байсангуровском районе, который включает в себя пригородные территории, много участков, предназначенных для размещения подразделений внутренних

войск и органов внутренних дел, кадастровая стоимость до 500 руб/м², а участков для размещения зданий УФСБ РФ по ЧР, участков для военных объектов составляет 50-100 руб/м².

Если провести сравнение, то можно обнаружить, что наибольшее распространение получили участки с кадастровой стоимостью 2 000-3 000 руб/м² в Ахматовском и Байсангуровском районах. Сравним преобладающие функциональные зоны в Байсангуровском и Шейх-Мансуровском районах. Так, в Байсангуровском районе, почти 70 % площади составляет зона индивидуальной жилой застройки с диапазоном цен 800-2 500 руб/м² (рис. 4). Есть зона лесов в южной части, зона рекреационного назначения, зона для ведения садоводства в юго-восточной части. Кадастровая стоимость на садоводческие участки составляет 500-800 руб/м². Байсангуровский район вмещает производственную зону в чередовании с лесной. В пределах производственной зоны стоимость участков в среднем 500 руб/м².

Заключение

В статье приведены основные черты ценового зонирования территории городского округа город Грозный, определены ценовые зоны и их соответствие границам функциональных зон. Представлено распределение показателей кадастровой стоимости по территории городского округа.

Проведена попытка обобщения показателей кадастровой стоимости при наложении на границы функциональных зон города. Выявлено несоответствие кадастровой стоимости одного и того же ВРИ земельного участка в разных административных районах.

Выявлена необходимость проведения ценового зонирования с учетом границ функциональных зон крупного города в соответствии с актуальными данными по кадастровой стоимости. Представлен детальный анализ распределения кадастровой стоимости в пределах административных районов Грозненского городского округа.

Проведен анализ соответствия стоимости земельных участков ВРИ одной функциональной зоны различных административных районов и предложены его результаты. Качественное ценовое зонирование как часть оценочного зонирования может повысить достоверность результа-

тов кадастровой оценки. Это снизит социальную напряженность, которая вызвана разногласиями, связанными с результата-

ми кадастровой оценки земельных участков в населенных пунктах.

Литература

1. Иоселиани Н. А. Методические подходы к оценочному зонированию для целей государственной кадастровой оценки // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2018. № 7(202). С. 41-49. DOI: 10.24411/2072-4098-2018-17002. EDN: XTUGOL
2. Комаров С. И., Антропов Д. В., Иоселиани Н. А. Эффективность зонирования для целей кадастровой оценки в управлении земельными ресурсами // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2018. № 9(204). С. 46-56. DOI: 10.24411/2072-4098-2018-19002. EDN: XZIHFI
3. Севостьянов А. В., Ишамятова И. Х. Методика оценки градостроительной ценности земель под жилую застройку // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2020. № 8(227). С. 90-101. EDN: AAWFLT
4. Пылаева А. В. Развитие кадастровой оценки недвижимости: монография. Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. 130 с.
5. Нартенко А. И., Глотов А. А. Функциональное зонирование территории на примере города Славянск-на-Кубани // Наука молодых – будущее России (Курск, 10-11 декабря 2020 г.): сборник научных статей 5-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 4 т. Т. 3. Курск, 2020. С. 284-288. EDN: AIRZCY
6. Комаров С. И., Полякова Т. О., Савельева Е. Б. Интегральный подход к зонированию территории региона для целей управления земельными ресурсами // Региональная экономика: теория и практика. 2016. № 10(433). С. 190-202. EDN: WWDBJH
7. Варламов А. А., Антропов Д. В. Зонирование территорий: учебное пособие. М.: Форум, 2016. 208 с. EDN: VZACEH
8. Сидельников Р. С., Дымов Д. С. Ценовое зонирование территории города Апшеронск // Столыпинский вестник. 2022. Т. 4. № 10. С. 33. EDN: CHSAAZ
9. Публичная кадастровая карта. URL: <http://pkk5.rosreestr.ru/свободный> (дата обращения: 25.07.2023).
10. Документы территориального планирования г. Грозного. URL: <https://dsia-grozniy.ru/wp-content/uploads/2020/02/Карта-функциональных-зон-городского-округа.jpg> (дата обращения: 25.07.2023).

References

1. Ioseliani NA. Methodological approaches to estimated zoning for the purposes of state cadastral evaluation. *Imushchestvennye Otnosheniya v Rossiyskoy Federatsii*. 2018(7(202)):41-49. (In Russ). DOI: 10.24411/2072-4098-2018-17002. EDN: XTUGOL
2. Komarov SI, Antropov DV, Ioseliani NA. Efficiency of zoning for cadastral valuation purposes in land management. *Imushchestvennye Otnosheniya v Rossiyskoy Federatsii*. 2018(9(204)):46-56. (In Russ). DOI: 10.24411/2072-4098-2018-19002. EDN: XZIHFI
3. Sevostyanov AV, Ishamyatova IH. Methodology for estimating urban value of lands under resident development. *Imushchestvennye Otnosheniya v Rossiyskoy Federatsii*. 2020(8(227)):90-101. (In Russ). EDN: AAWFLT
4. Pylaeva AV. Development of real estate cadastral valuation: monograph. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, 2012:130. (In Russ).
5. Nartenko AI, Glotov AA. Functional zoning of territory using the example of Slavyansk-on-Kuban city. *Science of the Young is the Future of Russia (Kursk, December 10-11, 2020): Collection of Scientific Papers of the 5th International Scientific Conference for Young Scientists' Promising Developments: in 4 vols. Vol. 3. Kursk, 2020:284-288. (In Russ). EDN: AIRZCY*
6. Komarov SI, Polyakova TO, Savel'eva EB. An integral approach to the zoning of a region's territory for the purposes of land management. *Regional Economics: Theory and Practice*. 2016(10(433)):190-202. (In Russ). EDN: WWDBJH
7. Varlamov AA, Antropov DV. Zoning of territories: a manual. Moscow: Forum, 2016:208. (In Russ). EDN: VZACEH
8. Sidelnikov RS, Dymov DS. Price zoning of the territory in Apsheronsk city. *Stolypin Annals*. 2022;4(10):33. (In Russ). EDN: CHSAAZ
9. Public cadastral map. URL: <http://pkk5.rosreestr.ru/свободный> (accessed 25.07.2023). (In Russ).
10. Territorial planning documents of Grozny. URL: <https://dsia-grozniy.ru/wp-content/uploads/2020/02/Карта-функциональных-зон-городского-округа.jpg> (accessed 25.07.2023). (In Russ).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Сутормина Элла Николаевна, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и кадастров, Институт математики и естественных наук, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия, sutormina_ella@mail.ru

Турун Павел Петрович, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и кадастров, институт математики и естественных наук, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия, turun_geo61@mail.ru

Полушковский Борис Викторович, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и кадастров, институт математики и естественных наук, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия, boris_pol@rambler.ru

Критерии авторства

Турун П. П. – сбор материала; Полушковский Б. В. – составление карт; Сутормина Э. Н. – анализ статистических данных.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 15.08.2023
Одобрена после рецензирования 01.09.2023
Принята к публикации 11.09.2023

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Ella N. Sutormina, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Physical Geography and Cadastres, Institute of Mathematics and Natural Sciences, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, sutormina_ella@mail.ru

Pavel P. Turun, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Physical Geography and Cadastres, Institute of Mathematics and Natural Sciences, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, turun_geo61@mail.ru

Boris V. Polushkovsky, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Physical Geography and Cadastres, Institute of Mathematics and Natural Sciences, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, boris_pol@rambler.ru

Contribution of the authors

Turun P. P. – collection of material; Polushkovsky B. V. – mapping; Sutormina E. N. – analysis of statistical data.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 15.08.2023
Approved after reviewing 01.09.2023
Accepted for publication 11.09.2023

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 911.2; 581.9; 581.524.32
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-72-87
EDN: TXMBCD

История изучения физико-географических особенностей ксерофитов флоры Российского Кавказа

Тайсумов М. А.^{1, 2}, Магомадова Р. С.², Астамирова М. А.-М.^{1, 2},
Атаев З. В.^{3, 4, 5}, Дудагова Э. Ш.²

¹ Академия наук Чеченской Республики

Грозный, Россия, musa_taisumov@mail.ru; astamirova@bk.ru

² Чеченский государственный педагогический университет

Грозный, Россия, musa_taisumov@mail.ru;

r.s.magomadova@mail.ru; astamirova@bk.ru; dudagova@mail.ru

³ Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова

Махачкала, Россия, zagir05@mail.ru

⁴ Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН

Махачкала, Россия, zagir05@mail.ru

⁵ Кабардино-Балкарский научный центр РАН

Нальчик, Россия, zagir05@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Целью исследования является анализ истории изучения физико-географических параметров распространения ксерофитов на территории Российского Кавказа. **Методика** исследований опирается на методические руководства, широко используемые в практике геоботанических работ. **Результаты.** В статье охарактеризованы природные условия исследуемой территории, особенности орографии, геологического строения и рельефа, своеобразие климата, речная сеть, современное оледенение, а также расчлененность и высотные колебания рельефа, ориентация хребтов и экспозиции горных склонов, многообразие литологических субстратов, почвенно-климатических условий, гидрологических режимов, которые способствовали формированию ксерофитов во флоре Российского Кавказа, в широтно-долготном направлениях и по высотным поясам, разнообразию физико-географических условий и местообитаний, пригодных для жизни различных экологических групп ксерофильных растений. **Выводы.** При анализе физико-географической среды этой территории необходимо учитывать комплекс всех физико-географических параметров и их взаимовлияние, для чего, в частности, необходимо проводить анализ основных параметров формирования растительности – высоты над уровнем моря, экспозиции хребтов и количественных характеристик климата (температуры и осадков за определённый период времени).

Ключевые слова: Российский Кавказ, Большой Кавказ, Главный Кавказский хребет, Боковой хребет, Скалистый хребет, Предкавказье, Прикубанская низменность, Терско-Кумская низменность, горный ландшафт, равнинный ландшафт, растительность, растительный покров, ксерофит.

Формат цитирования: Тайсумов М. А., Магомадова Р. С., Астамирова М. А.-М., Атаев З. В., Дудагова Э. Ш. История изучения физико-географических особенностей ксерофитов флоры Российского Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 3. С. 72-87. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-72-87. EDN: TXMBCD

Studying History of the Physical and Geographical Features of Xerophytes in the Russian Caucasus Flora

Musa A. Taisumov^{1, 2}, Raisa S. Magomadova², Marzhan A.-M. Astamirova^{1, 2},
Zagir V. Ataev^{3, 4, 5}, Elza Sh. Dudagova²

¹ Academy of Sciences of the Chechen Republic
Grozny, Russia, musa_taisumov@mail.ru; astamirova@bk.ru

² Chechen State Pedagogical University
Grozny, Russia, musa_taisumov@mail.ru;
r.s.magomadova@mail.ru; astamirova@bk.ru; dudagova@mail.ru

³ Gamzatov Dagestan State Pedagogical University
Makhachkala, Russia, zagir05@mail.ru

⁴ Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
Makhachkala, Russia, zagir05@mail.ru

⁵ Kabardin-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Nalchik, Russia, zagir05@mail.ru

ABSTRACT. The aim of the paper is to analyze the history of studying the physical and geographical parameters of the xerophytes distribution in the Russian Caucasus. The research methodology is based on methodological guidelines widely used in the practice of geobotanical work. **Results.** The paper characterizes the natural conditions of the study area, the features of orography, geological structure and relief, the climate uniqueness, the river network, modern glaciation, as well as the dissection and altitudinal fluctuations of the relief, the orientation of the ridges and the exposure of the mountain slopes, the diversity of lithological substrates, soil-climatic conditions, hydrological regimes that contributed to the xerophytes formation in the Russian Caucasus flora, in latitude-longitudinal directions and along altitudinal zones, a variety of physical and geographical conditions and habitats suitable for life of xerophilic plants various ecological groups. **Conclusions.** During the analysis of the physical and geographical environment of this territory, it is necessary to take into account the complex of all physical and geographical parameters and their mutual influence, for which, in particular, it is necessary to analyze the main parameters of vegetation formation – height above sea level, exposure of ridges and quantitative characteristics of climate (temperature and precipitation over certain period of time).

Keywords: Russian Caucasus, Greater Caucasus, Main Caucasus Ridge, Side Ridge, Rocky Ridge, Ciscaucasia, Kuban Lowland, Terek-Kuma Lowland, mountain landscape, flat landscape, vegetation, plant cover, xerophyte.

For citation: Taysumov MA, Magomadova RS, Astamirova MA-M, Ataev ZV, Dudagova ESh. Studying History of the Physical and Geographical Features of Xerophytes in the Russian Caucasus Flora. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2023;17(3):72-87 (In Russ.). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-72-87. EDN: TXMBCD

Введение

К югу от Русской равнины расположена Крымско-Кавказская горная страна, часть которой – перешеек между Чёрным и Каспийским морями – относится к собственно Кавказу, отделённому от Русской равнины Кумо-Манычской впадиной. Российский Кавказ расположен на крайнем юго-западе России (между 47°12' и 41°11' с. ш. и 36°32' и 48°35' в. д.) и включает равнины и возвышенности Предкавказья и северный макросклон Большого Кавказа (до р. Самур). Государственная граница России проходит преимущественно по водораздельному хребту, только на крайнем северо-западе переходит на южный склон и проходит по р. Псоу. Протяженность с северо-запада на юго-восток – свыше 1100 км, а с севера на юг – около 400 км [1]. Площадь этой территории составляет около 275 тыс. км² [2].

Материал и методы исследования

Разработка методики исследований опирается на методические руководства, широко используемые в практике геоботанических работ, среди которых основными являются работы А. И. Толмачева [3]. Объектом исследования является территория Российского Кавказа. Материал для исследования получен в результате наблюдений в природе и сбора гербарного материала во время экспедиций, проводимых с 2003 г. по настоящее время. Неоднократно посещались основные высокогорные массивы Кабардино-Балкарии, Северной Осетии-Алании, Чечни, Ингушетии, Дагестана и некоторые районы северной Грузии. Все перечисленные маршруты в большей своей части охватывали труднодоступные высокогорья. За это время собрано около 2500 гербарных об-

разцов. Проанализированы также гербарные фонды Гербария Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (LE), Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова (MW), Южного федерального университета (RWBG), Дагестанского государственного университета (LENUD), Кабардино-Балкарского государственного университета (KBHG-AUBSN), Ингушского государственного университета (INGU), Горного ботанического сада Дагестанского федерального исследовательского центра РАН (DAG), Северо-Осетинского государственного природного заповедника. На основе этикеточных данных составлены списки видов с высот от 2900 м до 3900-4000 м н. у. м. в различных местностях Российского Кавказа.

Результаты и их обсуждение

Орография. Предкавказье. Основные орографические единицы Предкавказья представлены возвышенными и равнинными частями. К первым относятся Ставропольская возвышенность, горы района Кавказских минеральных вод, Терско-Сунженская возвышенность, составляющие Центральное Предкавказье, ко вторым – Кубано-Приазовская низменность, относящаяся к Западному Предкавказью, и Терско-Кумская низменность – относящаяся к Восточному Предкавказью. В основе территории Предкавказья лежит Скифская плита, вдоль северной границы которой расположен Манычский прогиб (до 6 км), протянувшийся почти на 700 км от Азовского моря до Каспийского, образующий Кумо-Манычскую впадину. В центральной части расположена Ставропольская возвышенность (наивысшая точка – гора Стрижамент, 831 м), обрывающаяся уступами к юго-западу и снижающаяся у Армавира до 326 м. В основе возвышенности лежит Ставропольский свод, в пределах которого глубина залегания фундамента колеблется от 0,5 до 2,5 км [4].

К югу от Ставропольской возвышенности располагается группа из 17 островных гор-лакколитов, с наивысшей точкой г. Бештау (1401 м).

К востоку от Ставропольской возвышенности простирается Терско-Каспийский прогиб, южный склон которого выражен антиклинальными складками Терского хребта, с наивысшей точкой

664 м, и Сунженского хребта с наивысшей точкой 926 м. С юга к ним примыкают Кабардинская, Осетинская и Чеченская наклонные равнины, полого опускающиеся от подножия Большого Кавказа к северу и северо-востоку [4].

Горы-лакколиты, Терский и Сунженский хребты занимают промежуточное положение между Большим Кавказом и Предкавказьем, и должны быть отнесены к горным районам, поскольку морфологически представляют собой довольно высокие горные массивы и складчатые структуры, образованные тектоническими движениями и вулканизмом Большого Кавказа, но они приурочены к краевому прогибу, поэтому относятся к Предкавказью [5].

Значительная территория Предкавказья на севере и в средней части имеет платформенную структуру с герцинским складчатым основанием. Возраст складчатого фундамента Западного и Центрального Предкавказья раннегерцинский, а возраст геосинклинального основания северной части Восточного Предкавказья – позднегерцинский [6].

Поверхность Предкавказья сложена четвертичными, неогеновыми и палеогеновыми породами. На Ставропольской возвышенности толщи палеогена и неогена образуют складчатые структуры платформенного типа. Складки Терского и Сунженского хребтов состоят из пород неогена [4].

Большой Кавказ. Протяжённость Большого Кавказа с западо-северо-запада на востоко-юго-восток составляет около 1100 км. К характерным элементам северного макросклона относится система куэстовых хребтов и межкуэстовых депрессий. На Большом Кавказе выделяют Западный, Центральный и Восточный Кавказ, границы между которыми проходят по горам Казбек и Эльбрус [7].

Западный Кавказ подразделяется на Северо-Западный (от г. Анапа до г. Фишт, 2868 м) и Западный Кавказ (от г. Фишт до г. Эльбрус). Для этой территории большей частью характерен эрозионно-денудационный низкогорно-среднегорный рельеф с высотами, не превышающими 2000 м н. у. м. С Фишт-Оштенского горного массива начинается высокогорный рельеф, в котором есть современное оледенение. Наивысшая точка Западного Кавказа – г. Домбай-Ульген

(4046 м). Породы, слагающие Главный хребет – кристаллические, Боковой – сильно метаморфизованные толщи палеозоя. Наряду с альпийскими формами рельефа встречаются высокогорные и среднегорные, сравнительно слабо расчленённые речными потоками поверхности, на которых развиты преимущественно водно-эрозионные формы рельефа, такие, как Лагонакское нагорье, плато Трю и Бечасын и др. [7].

На Центральном Кавказе отмечаются наибольшие высоты н. у. м., некоторые свыше 5000 м. Эта часть вместе с Западным Кавказом сложена древними кристаллическими породами – гранитами, гнейсами, кристаллическими сланцами. Сильно развито современное оледенение и горноледниковые формы рельефа. Массивы Эльбруса и Казбека являются вулканическими образованиями и окружены лавовыми плато [4].

На Восточном Кавказе оледенение менее развито, наивысшая вершина – Тебулос-Мта, 4494 м н. у. м. [8]. Эта территория сложена преимущественно песчаниками и глинистыми сланцами юрского периода со сглаженными формами рельефа за счёт процессов смыва и выветривания, с сильно развитыми оползнями и осыпями. Большая часть горных массивов

Дагестана сложена юрскими, и частично меловыми отложениями, а северная часть – известняковыми, с платообразными вершинами, пологими северными и обрывистыми южными склонами, глубокими каньонами и ущельями [4].

Орографическая схема Российского Кавказа изображена на рисунке 1.

Характеристика основных хребтов.

Центральная (осевая) часть Большого Кавказа состоит из трёх хребтов – Главного, Бокового и Южного Бокового (рис. 2), последний принадлежит южному макросклону, но на востоке является водораздельным.

Главный хребет. Главный хребет имеет длину 1385 км при средней высоте 2900 м, его максимальная высота 5182 м (г. Шхара), минимальная – 200 м, а средняя высота повышается с запада к центру, затем к востоку понижается. Этот хребет, несмотря на своё осевое положение, не на всем протяжении единый, он во многих местах прорезан реками как северного, так и южного склонов, а в восточной части состоит из отдельных высоких массивов с глубиной вреза рек до 2000-3000 м. Согласно Ю. В. Ефремову с соавторами [7], эта массивы значительно выше расположенного южнее Южного Бокового хребта, являющегося водораздельным.

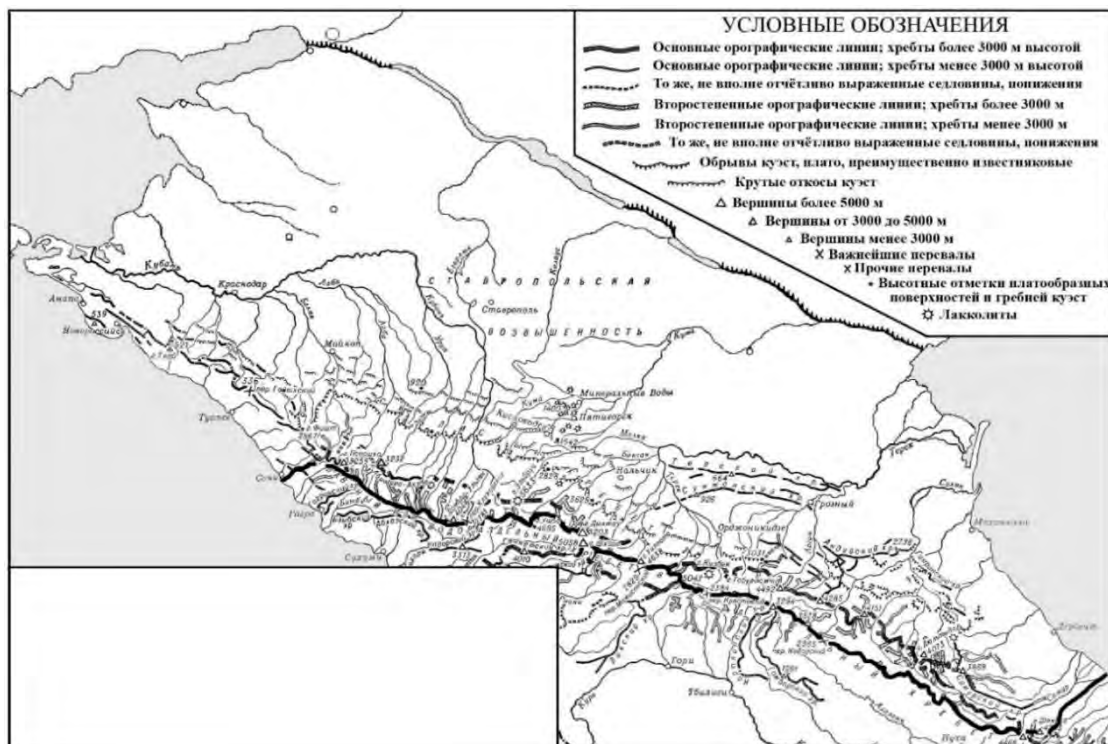


Рис. 1. Орографическая схема Российского Кавказа [4]
 Fig. 1. Orographic diagram of the Russian Caucasus [4]

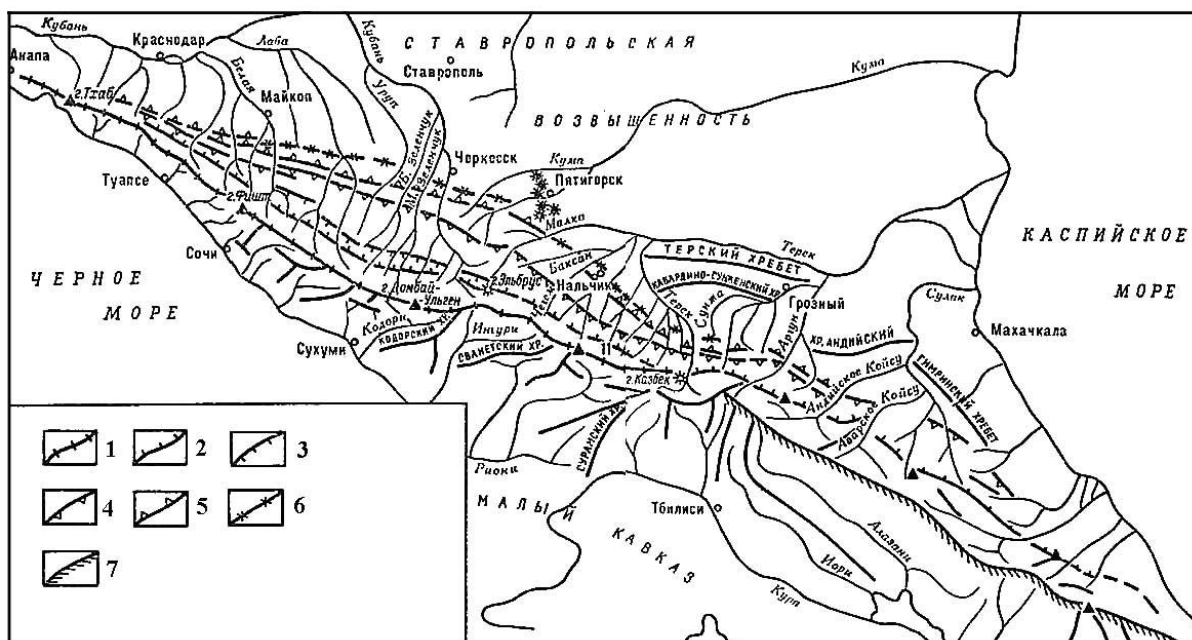


Рис. 2. Основные хребты Большого Кавказа:

1 – Главный хребет; 2 – Боковой хребет; 3 – Передовой хребет; 4 – Скалистый хребет;
 5 – Пастбищный хребет; 6 – Лесистый хребет; 7 – Южный Боковой хребет [7]

Fig. 2. The main ridges of the Greater Caucasus:

1 is Main ridge; 2 is Side ridge; 3 is Front Range; 4 is Rocky Ridge; 5 is Pasture ridge;
 6 is Wooded ridge; 7 is Southern Side Ridge [7]

Боковой хребет. К северу от Главного на расстоянии от 2 до 25 км расположен Боковой хребет, состоящий из отдельных хребтов и массивов, разделенных глубоко врезаемыми долинами притоков рр. Кубань и Терек. С запада на восток наивысшие точки над уровнем моря отмечены такими вершинами, как Оптген (2804 м), Эльбрус (5642 м), Дыхтау (5204 м), Цейхох (4139 м). Оба хребта (Главный и Боковой) соединяются короткими водораздельными (ледораздельными) хребтами, высота которых часто достигает 4000 м. В некоторых местах Боковой хребет является главным водоразделом рек северного и южного макросклонов Большого Кавказа, а восточнее ущелья р. Ардон оба хребта представляют единую систему. Общая длина Бокового хребта составляет 662 км при средней высоте 2310 м [8].

Передовой хребет. Передовой хребет расположен к северу от Бокового хребта протяженностью от р. Белой на западе до р. Урух на востоке. Это самостоятельная орографическая единица. Наивысшая точка хребта расположена в его восточной части в бассейне р. Черек – г. Уллузна (4681 м). Современное оледенение развито слабо, но следы голоценового оледенения встречаются повсеместно. Здесь широко

распространены цирки, кары, морены. Общая длина хребта 314 км, средняя высота 2970 м [8].

Куэстовые хребты. Куэстовые хребты – Скалистый, Пастбищный и Лесистый, расположенные к северу от Передового, сложены верхнеюрскими, меловыми и третичными породами и не имеют современного оледенения. Они делятся на две области: куэстовую и куэстово-складчатую, граница между которыми проходит по р. Ардон. В куэстовой области хребты асимметричны, круто обрываются к югу и полого опускаются к северу, имея вид слабо наклоненных плато с холмистой пересеченной местностью. В куэстово-складчатой области строение хребтов более сложное, их следует рассматривать не как структурные формы рельефа типа куэст, а как структурно-тектонические [4].

Скалистый хребет – это наиболее хорошо выраженная в рельефе куэстовая гряда, четко прослеживающаяся от р. Псекупс на западе, до р. Сулак на востоке. Северный склон пологий, гребень и верхняя обрывистая часть южного склона образованы мощными доломитизированными известняками верхней юры, а ниж-

ние, более пологие части южного склона, сложены глинистыми сланцами, песчаниками и сланцеватыми глинами средней юры. Наивысшая точка – г. Каракая (3646 м). К востоку от р. Терек хребет расчленён на ряд массивов, называемых хребтами Цорейлам, Юкерлам, Капкерлам, Андийский, Салатау, а восточнее р. Сулак к системе Скалистого хребта принадлежат хребты Внешнего Дагестана: Гимринский, Кулимеэр, Шунудаг, Джуфудаг. Рельеф хребта в целом сглаженный, платообразный, но высшие точки носят характер высокогорный и широко распространены карстовые формы рельефа: карры, воронки, пещеры, провалы, местами имеются реки, исчезающие с поверхности в трещинах известняков и появляющиеся вновь на некотором удалении из грота или пещеры в виде источника. Свидетельством древнего (четвертичного) оледенения служит наличие моренных нагромождений и каров, особенно хорошо выраженных на участке хребта между рр. Чегем и Ардон.

Севернее Скалистого хребта находятся Пастбищный и Лесистый хребты («Чёрные горы»), которые значительно ниже Скалистого. Это куэсты, расчленённые на отдельные участки долинами рек, сложенные третичными конгломератами, песчаниками, верхнеюрскими и меловыми известняками, имеют мягкий холмистый рельеф с закругленными гребнями.

Пастбищный хребет прослеживается от бассейна р. Адагум на западе до левобережья р. Сулак на востоке с высшей точкой г. Еккыркорт (2410 м).

Лесистый хребет расположен к северу от Пастбищного, находясь от него на расстоянии от одного до пяти километров, протяжённостью 630 км. Наибольшие средние и абсолютные высоты наблюдаются в бассейнах рр. Сунжа и Аргун, где находится самая высокая гора – Барзиарлам (2214 м). Севернее Лесистого хребта на участке от г. Майкопа до г. Пятигорска проходит поднятие-выступ, соединяющий Большой Кавказ со Ставропольской возвышенностью, именуемое в районе г. Черкесска «Сычевыми горами». Хребты здесь распыльчатые, представляют собой платообразные возвышенности с максимальными высотами до 900 м. Этот район больше всего похож на сводовое поднятие.

Главный, Боковой и Скалистый хребты отделяются друг от друга Центральной и

Северо-Юрской депрессиями, представленными в рельефе системой продольных грабен-синклинальных межгорных котловин: Архызо-Загеданской, Домбайской, Баксано-Черекской, Штулинской, Садоно-Унальской, Даргавской и др. Ширина их самая различная – от 2-3 км до 10-20 км. Котловины заняты продольными отрезками речных долин, а в районе Главного хребта они являются также вместилищами ледников. Крупнейшие ледники Кавказа находятся в подобных котловинах: Безенги, Дыхсу, Караугом, Цей [8].

Хребты горного Дагестана. К востоку от куэстово-складчатой зоны Северного Кавказа расположен горный Дагестан, подразделяемый на три района: Внешнегорный, Внутригорный и Высокогорный.

Внешнегорный Дагестан шириной 20-50 км протянулся от долины р. Сулак на севере до р. Самур на юге. Он отделяется от Внутригорного Дагестана хребтами Гимринский, Кулимеэр, Хархалтабек, Джуфудаг, Колохдаг и состоит из невысоких хребтов, простирающихся преимущественно с северо-запада на юго-восток, сложенных в основном третичными породами, и лишь местами имеются выходы верхнемеловых известняков. Высоты хребтов незначительные и не превышают 1600 м (г. Чонка-тау, 1566 м). Длина хребтов 24-70 км при средних высотах 570-1490 м [9].

Внутригорный Дагестан расположен между Главным хребтом на юго-западе и хребтами Салатау, Гимринским, Кулимеэр, Джуфудаг на северо-востоке. Это область складчатых известняковых хребтов и плато, сложенных мощной толщей осадочных пород мелового и юрского возрастов, глубоко расчленённых долинами рр. Андийское Койсу, Аварское Койсу, Казикумухское Койсу и Кара-Койсу. Он разделяется на два подрайона – северный и южный. В первом преобладают известняки, с которыми связаны крутые и скалистые склоны, глубокие каньонообразные речные долины. Во втором развиты преимущественно глинистые сланцы и песчаники. Склоны гор здесь менее крутые, а долины рек обычно шире, чем в северном подрайоне. Хребты Внутригорного Дагестана по длине достигают 72-95 км, абсолютные высоты у них значительно больше и достигают 3837 м (г. Курудаг, Самурский хребет) при средних высотах хребтов 2700-3120 м.

Высокогорный Дагестан представлен частью Главного Кавказского (Водораздельного) хребта, звеньями Бокового хребта и расположенными между ними высокогорными межгорными котловинами [10]. Общее простираие высокогорий с западо-северо-запада на востоко-юго-восток. Здесь находятся бассейны верхних и средних течений Андийского, Аварского, Каракойсу и Казикумухского Койсу, Самура и Гюльгерычая. Высшей точкой рассматриваемого региона является г. Базардюзю (4466 м). В геологическом плане высокогорья сложены главным образом глинистыми сланцами, песчаниками и известняками ниже- и среднеюрского, мелового и палеоген-неогенового возраста.

В пределах Дагестана Главный Кавказский хребет протягивается единым водоразделом рек северного и южного склонов от горы Сабакунис-цвери (3180 м) на западо-северо-западе до г. Базардюзю (4466 м) на востоке-юго-востоке. Общая длина Главного хребта в рассматриваемой зоне равна 329 км при средней высоте 3111 м. Восточнее горы Малкамуд (3882 м) Главный Кавказский хребет достигает альпийских высот, а вершины Чарындаг (4079 м) и Рагдан (4020 м) являются четырехтысячниками. Базардюзю (4466 м) высится в 1,2 км к северо-востоку от Главного Кавказского хребта. Средние высоты Главного Кавказского хребта колеблются по отдельным речным бассейнам.

Боковой хребет расположен севернее и параллельно Главному Кавказскому хребту. Он состоит из отдельных горных хребтов и массивов, разделенных долинами четырех Койсу, Самура, Ахтычая и Чехычая. Общая длина Бокового хребта в пределах Дагестана 305 км при средней высоте 3615 м.

Боковой хребет в Высокогорном Дагестане представлен рядом орографически самостоятельных хребтов: Снеговой, Богосский, Нукаль, Бишпинеи, Таклик, Саладаг, Дюльтыдаг, Шалиб, Чульты, Какыту, Хултайдаг, Самурский, Кябъектеп [10].

Согласно Ю. В. Ефремову с соавторами [8], Высокогорный Дагестан представлен двумя хребтами – Главным и Южным Боковым, или Водораздельным. Здесь наблюдаются наиболее значительные миграции главного водораздела, который на протяжении 261 км сдвинут на Южный

Боковой хребет, что составляет около 40 % длины Главного хребта в этой части Большого Кавказа.

Речная сеть и современное оледенение.

Реки Российского Кавказа имеют сток в три моря – Чёрное, Азовское и Каспийское. Основные реки, впадающие в Чёрное море – Мзымта и Шахе, их бассейны расположены в Северо-Западном Закавказье.

Бассейны большинства рек Российского Кавказа охватывают территорию Северного Кавказа и имеют сток в Азовское и Каспийское моря, водораздел между которыми проходит по линии: Ставропольская возвышенность – горный массив Эльбрус.

В Каспийское море впадают такие крупные реки, как Терек, Сулак, Самур. Терек берёт начало от ледников массивов Зилгахох и Казбек, пройдя через Боковой хребет (Дарьяльское ущелье), куэстовые хребты и Осетинскую наклонную равнину, принимает ряд левых притоков, среди которых наиболее крупные Гизельдон, Фиагдон, Ардон, Урух, Черек Балкарский и Черек Безенгийский, Чегем, Баксан, Малка и др., которые начинаются в зоне ледников и снежников и расчлениают северный склон Большого Кавказа. На этом участке Терек течёт среди галечных наносов, разветвляясь на рукава. Ниже впадения Малки уклон реки резко уменьшается и до впадения Сунжи она течёт в песчано-глинистом русле с многочисленными островами, косами и отмелями. В нижнем течении (после впадения р. Сунжи) русло расчленяется на многочисленные протоки и рукава, главнейшие из которых – Прорва, Таловка, Старый Терек и Новый Терек, – образуют дельту. Мелководная река Кура берёт начало отводом от реки Малки, не имеет стока и теряется в полупустынях Восточного Предкавказья.

Сулак образуется от слияния рек Андийское Койсу и Аварское Койсу, берущих начало из ледников северного склона Большого Кавказа. Аварское Койсу принимает справа ещё два крупных притока – Казикумухское Койсу и Каракойсу. Эти реки имеют типичный горный характер, отличаются большим падением и высокой водоносностью. В нижней части Сулак обретает равнинный характер течения.

Самур – вторая по величине бассейна река Дагестана, берущая начало высоко в

горах из ледников. Это бурная горная река с крупным правым притоком Ахтычай, в нижнем течении образующая обширную дельту. За 4 км до впадения в Каспийское море в Малый Самур впадает р. Гюльгерычай.

Другие крупные реки, впадающие в Каспийское море – Рубас, Уллучай, Манасозень, Шура-озень.

К бассейну Каспийского моря принадлежит и р. Кума вместе с притоком Подкумок, берущая начало со Скалистого хребта. В районе г. Георгиевска обе реки сливаются. Это маловодная степная река, русло которой в Прикаспийской низменности разделяется на ряд рукавов, впадающих в озёра, теряется в плавнях, не доходя до Каспийского моря.

Река Кубань начинается от слияния двух истоков – Уллукама и Учкулана, берущих начало на склонах Эльбруса и Главного хребта. Все значительные притоки Кубани левобережные, истоки которых находятся на склонах Главного хребта – Даут, Теберда, Аксаут, Большой и Малый Зеленчук, Большая и Малая Лаба, Белая, Пшиш, Псекупс, а также Уруп, начинаю-

щийся с Бокового хребта. До впадения р. Большой Зеленчук (г. Невинномысск) Кубань имеет горный характер течения, затем выходит на равнину и постепенно приобретает черты равнинной реки. Ниже г. Армавира она поворачивает на запад и сохраняет это направление до устья, впадает в Темрюкский залив Азовского моря.

В Азовское море впадает ряд малых рек, из которых наиболее значительные Бейсуг, Челбас, Ея, Кагальник. Это маловодные степные водотоки с незначительным уклоном и медленным течением, образующие при впадении в Азовское море лиманы. Летом эти реки сильно мелеют или пересыхают, превращаясь в ряд разобщенных плёсов.

К бассейну Азовского моря относится и р. Егорлык, берущая начало со Ставропольской возвышенности (г. Стрижамент). Это такая же маловодная река, в русло которой по Невинномысскому каналу часть воды направляется из р. Кубань. Егорлык впадает в Западный Маньч, являющийся частью Веселовского водохранилища.

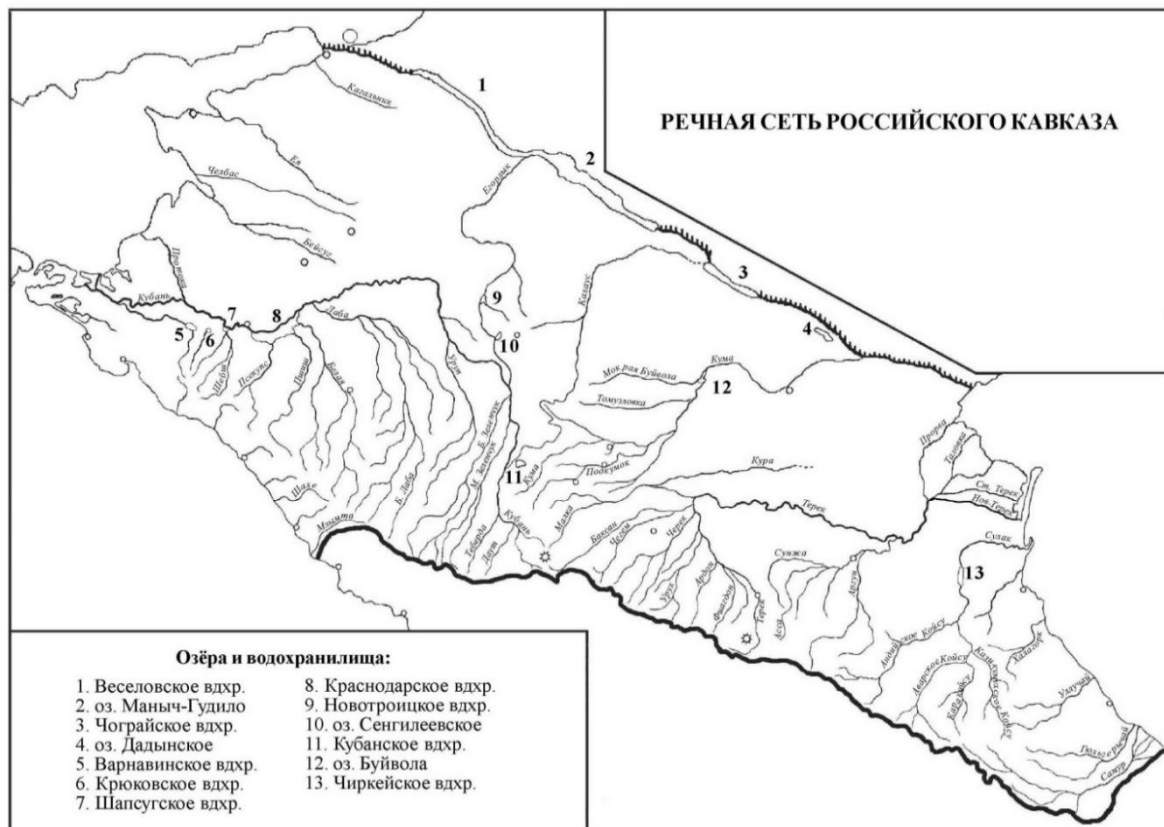


Рис. 3. Речная сеть Российского Кавказа
 Fig. 3. River drainage of the Russian Caucasus

Ещё одна значительная река Предкавказья – Калаус, истоки которой находятся в южной оконечности Прикалаусских высот (г. Брык). Это типичная степная река, многоводная весной и маловодная летом, заканчивавшаяся слешым устьем восточнее с. Дивное, не доходя до Восточного Маныча. После пуска Большого Ставропольского канала в конце 60-х годов прошлого столетия в русло Калауса подаётся вода из Кубани в Чограйское водохранилище.

Картосхема речной сети Российского Кавказа приведена на рисунке 3. Для северного макросклона Большого Кавказа характерны реки с половодьем в тёплый период года, специфику которых определяет участие в их питании талых вод вечных снегов и льдов. У рек южного склона Северо-Западного Закавказья весеннее половодье сочетается с летними паводками. Для этих рек характерен паводковый режим. Основными источниками их питания являются ливневые дожди и быстро стаивающий снег [11].

На территории Российского Кавказа насчитывается 1498 ледников общей площадью 993,6 км². Снеговая граница проходит по высотам 2800-3200 м на западе и 3600-4000 м – на востоке [1].

Основная часть ледников расположена на северном склоне Центрального Кавказа (55 %), на Главном и Водораздельном хребтах, от г. Фипт на западе до г. Тфан (4181 м) на востоке. Общая протяженность Главного хребта, несущего современное оледенение на северном склоне составляет около 750 км. Большинство ледников малые, площадью до 1,0 км², крупных ледников площадью более 20 км² насчитывается шесть, самый большой по протяженности ледник – Безенги, длина которого 17,6 км. Наиболее крупный центр оледенения – Эльбрус, общая площадь ледников которого равна 144 км². Основные типы ледников – каровые, висячие и долинные, доминируют каровые и висячие (77,6 %), которые сосредоточены большей частью на Западном и Восточном Кавказе [8].

Климат. Кавказ расположен на границе умеренного и субтропического климатических поясов, то есть в пограничной полосе сфер воздействия влажных воздушных масс Атлантики и Средиземного моря с одной стороны, и сухих континенталь-

ных пространств внутренних областей Евразии с другой. Между Северным Кавказом и Северо-Западным Закавказьем существуют климатические различия, обусловленные горами Большого Кавказа, затрудняющими перенос холодных воздушных масс с севера в Закавказье и тёплых с юга в Предкавказье. Северный Кавказ относится к умеренному поясу, Северо-Западное Закавказье – к субтропическому [5].

На северном макросклоне существует значительное различие климата Предкавказья и Большого Кавказа. Предкавказье относится к Атлантико-континентальной степной климатической области, её основная часть входит в западную подобласть, а Терско-Кумская низменность, отличающаяся резкой континентальностью и засушливостью, что определяет полустынный характер её ландшафтов – в восточную [12].

Климат Западного и Центрального Предкавказья характеризуется как умеренно-континентальный полусухой, с неустойчивым увлажнением. Годовая амплитуда температур колеблется от 25° до 28°. Средняя температура июля 21-24°, января – -2 ... -5°, зимние морозы могут достигать -30 ... -35°. Среднегодовое количество осадков 450-600 мм, меньше нормы осадков выпадает в северных и восточных склонах Ставропольской возвышенности (370-420 мм). В Центральном Предкавказье из-за особенностей орографии наблюдаются связанные с этим различия в увлажнении, а на западной части Сунженского хребта, лакколитах Кавминвод, в особенности на г. Бештау, а также на плато Стрижамент проявляется высотная климатическая зональность – чаще идут дожди, глубже выпадает снег, сильнее морозы [13].

На Большом Кавказе высотная зональность климата связана с горным рельефом, что выражается в изменении температуры и осадков с изменением высоты над уровнем моря, а именно, количество осадков увеличивается до 2500 м, затем начинает уменьшаться. С запада на восток климат существенно изменяется в сторону нарастания сухости и континентальности, также происходит и с увеличением высоты над уровнем моря, что находит отражение в высотной поясности. Наиболее влажный климат в субальпийском поясе.

Здесь затяжная зима с продолжительным снеговым покровом и сильными морозами, а лето короткое и прохладное. Средняя температура января – $-7-8^{\circ}$, июля – $+13-15^{\circ}$. Продолжительность вегетационного периода – 3 месяца. Количество осадков колеблется от 2500 до 1000 мм в год. Климат расположенного выше альпийского пояса суровый, зима затяжная, с продолжительным снеговым покровом и морозами до -31° , лето короткое и прохладное. Средняя температура января $-11,5^{\circ}$ июля $+10^{\circ}$. Количество осадков в центральной части 1500 мм в год [14].

Локальные проявления в различии климата зависят от рельефа местности, замкнутости, экспозиции склонов. Так на северных склонах отмечается большая влажность и медленное прогревание в связи с задержкой стока осадков и большой мощностью, и длительностью залегания снежного покрова, на южных – наоборот [15].

В Северо-Западном Закавказье годовая сумма осадков достигает от 800-1200 мм в районе Новороссийска до 1600-3200 мм в районе Сочи [5].

Растительность. Характер растительного покрова в горной части Большого Кавказа тесно связан с особенностями рельефа, климата, почвенного покрова, высотой над уровнем моря. Это находит отражение в явлении высотной поясности, выражающейся в смене типов растительности в связи с изменением климатических факторов (увлажнения, термического режима) и увеличением гипсометрических показателей [4; 16]. С поднятием в горы происходит смена таких растительных поясов, как степной, лесостепной, лесной, субальпийский, альпийский, субнивальный, нивальный [17]. Выделяется также пояс ореоксерофитов (или пояс семиаридной растительности, или нагорноксерофильный пояс), который в разных частях северного макросклона в разной степени и по-разному выражен, и представлен различными растительными группировками, от аридного редколесья и кустарникового шибляка до томиляров [18; 19]. На равнинах Предкавказья представлены два пояса: полупустынный (Восточное Предкавказье, северная часть Центрального Предкавказья) и степной.

Степной пояс занимает открытые пространства Центрального и Западного Предкавказья, а также предгорья и ниж-

ний горный пояс. В Предкавказье в настоящее время степи на большей части территории распаханы, их фрагменты сохранились в пересеченных возвышенных местностях, по балкам, на склонах, реже встречаются участки плакорной целины. По понижениям местности распространены заросли степных кустарников из *Amygdalus nana*, *Prunus stepposa*, реже *Caragana mollis*. На восточном склоне Ставропольской возвышенности разнотравно-злаковые степи переходят в типчаково-ковыльные, затем в типчаковые и далее в типчаково-полынные сухие степи, занимающие наиболее засушливую северо-восточную часть Центрального Предкавказья [17].

На всём протяжении гор Северного Кавказа фрагментарно встречается ковыльно-разнотравная степь с преобладанием *Stipa pulcherrima*, приуроченная к каменистым южным склонам с маломощными слаборазвитыми почвами и горными чернозёмами, преимущественно на известняках. В центральной части растительность степного пояса представлена остепнёнными лугами и луговыми степями, в сложении которых преобладают разнотравно-низкоосоково-типчаковые, типчаково-низкоосоковые с участием *Carex humilis*, типчаково-полынные и разнотравно-бородачёвые фитоценозы, реже луговые степи с преобладанием *Carex humilis*, *Festuca valesiaca*, *Brachypodium pinnatum* и мезоксерофильного разнотравья [20].

В Дагестане и в сухих долинах Северной Осетии, в области песчаников и сланцев, распространены горные степи с *Festuca valesiaca*, *Stipa tirsia*, *S. daghestanica*, *Elytrigia gracillima*, с участием видов рода *Artemisia* и *Astragalus*, а на выходах материнских пород формируются редкотравные группировки с *Salvia daghestanica*, *Psephellus daghestanicus*, *Sedum involucratum*, *Thymus daghestanicus*, *Allium albidum*, *Ephedra procera* и другими ксерофитами [17].

На Северо-Западном Кавказе на высотах 800-900 м н. у. м. преобладают ковыльно-разнотравные степи, состоящие из отдельных дернин, рассредоточенных между каменными глыбами. В состав таких фитоценозов входят *Festuca valesiaca*, *Koeleria gracilis*, *Melica transsilvanica*, *Brachypodium pinnatum*, из разнотравья *Allium rotundum*, *Alyssum tortuosum*, *Iris taurica*, *Salvia ringens*, *Sideritis taurica* и др. [17]. У

верхнего предела их распространения, особенно на хребтах Маркотх, Навагирский, Копехур и на отдельных вершинах, встречаются горные реликтовые степи со *Stipa pulcherrima* и обильным средиземноморским разнотравьем из *Paeonia tenuifolia*, *Eremurus spectabilis*, *Himantoglossum caprinum*, *Tulipa gesneriana*, *Onosma polyphylla*, *Thymus markhotensis*, *Genista lypskyi* и др. [21].

В лесостепных участках степь занимает главным образом плакорные пространства на выщелоченных чернозёмах. Это луговые степи, представляющие собой самый мезофильный вариант степи с почти сомкнутым травостоем богатого видового состава, с большим участием двудольных, местами преобладающими над злаками. Склоны Терского, Сунженского, Кабардинского и других хребтов, Ставропольской возвышенности покрыты бородачёвыми степями, поднимающимися в Центральном Предкавказье до 600-700 м н. у. м. [17].

Лесной пояс на протяжении всего северного макросклона приурочен к разным высотным уровням – от 100-300 до 1800-2000 м на западе и от 800-1000 до 2400-2600 м на востоке. В свою очередь в нём выделяют три части: нижний лесной пояс образован преимущественно дубовыми и дубово-грабовыми лесами; средний лесной пояс – буковыми, буково-пихтовыми, буково-грабовыми лесами, занимающими высоты от 600 до 1300 м н. у. м.; верхний лесной пояс образован берёзовыми или хвойными лесами на высотах 1800-2400 м н. у. м. [17].

Дубовые и грабовые леса развиты на Западном Кавказе преимущественно в низкогорьях и среднегорьях, а в Северо-Западном Закавказье встречаются участки широколиственных лесов с подлеском из *Vixus colchica* и *Taxus baccata* [19].

Центральная часть Северного Кавказа на протяжении между Эльбрусом и Казбеком, включая северный склон Скалистого хребта, занята сравнительно узкой полосой горных лиственных лесов, преимущественно из *Fagus orientalis* [19], распространены также сосняки, в том числе и скальные, смешанные леса, березняки и берёзовое криволесье [22]. Здесь основные лесобразующие породы – *Pinus sosnowskyi*, *Betula litwinowii* и *B. verrucosa*, к которым примешиваются *Sorbus caucasi-*

gena, *Salix caprea*, *S. kuznetzovii*, реже – *Padus racemosa*, *Populus tremula*, *Alnus incana*. Из кустарников широко распространены различные виды рода *Rosa*, *Rubus buschii*, *Ribes biebersteinii*, *Grossularia reclinata* и др. Верхние горизонты занимают хвойные леса, на самой верхней границе развито берёзовое криволесье. Нижний горный пояс в центральной и восточной частях занят лесостепью, представляющей чередование участков дуба с луговыми степями, как вторичный тип на месте вырубленных дубняков развиваются заросли плодовых деревьев из *Malus orientalis*, *Pyrus caucasica*, *Prunus divaricata*, *Cornus mas*, *Sambucus nigra* и др. [19]. В сосняках Эльбрусского массива отмечен подлесок из *Rhododendron caucasicum*, особенно хорошо такие сосняки развиты в ущельях правых притоков реки Баксан – рр. Тютюсу и Адырсу, в ущелье р. Джампакол (правый приток Кубани, [23]).

Полоса буковых лесов, частично заменённых на грабовые, тянется от Казбека до долины р. Сулак, продолжаясь далее в Нагорном Дагестане. Выше буковых лесов расположены хвойные леса и берёзовые криволесья. Дубово-грабовые леса Каспийского макросклона Дагестана в предгорной полосе почти целиком вырублены и заменены вторичными кустарниковыми зарослями с преобладанием *Paliurus spinachristi*. От этих лесов остались небольшие фрагменты, выше которых проходит пояс буковых лесов с примесью граба и некоторых других видов – *Acer campestre*, *Betula raddeana*, *Sorbus caucasigena* и др. Полоса берёзового криволесья выражена слабо, главным образом в южной части [19].

В Предкавказье лесные массивы сохранились по надпойменным террасам долины Кубани и на Прикубанской наклонной равнине, где они чаще заменены кустарниковой порослью и мелколесьем [4]. В юго-западной части Ставропольской возвышенности широколиственные леса занимают долины и балки, поднимаются по склонам гор-останцов на плато (Ставропольское плато, гора Стрижамент). В таких лесах доминируют *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* и *Carpinus caucasica*, в качестве примеси встречаются *Acer campestre*, *A. platanoides*, *Pyrus caucasica*, *Malus orientalis*, *Cornus mas* и др., местами сохранились реликтовые участки букового леса из *Fagus orientalis*.

Широколиственные леса имеются на склонах и у подножий гор-лакколлитов Кавминвод, особенно развитые на гт. Бештау, Развалка, Железная, Машук, Шелудивая. Леса представлены такими видами, как *Fagus orientalis*, *Carpinus caucasica*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, на Бештау у верхней опушки леса есть березовое криволесье.

В Восточном Предкавказье дубовые леса растут на северном склоне западной части Сунженского хребта, а их фрагменты встречаются и в балках на южном склоне [17].

Пояс ореоксерофитов локализуется выше лесного пояса по долинам рек и в аридных котловинах. Растительный покров здесь носит сложный характер и состоит из многочисленных микрогруппировок, по своему ценоотическому характеру резко отличающихся друг от друга, поскольку они развиваются в аридных условиях на горных склонах, характеризующихся большим разнообразием элементов микрорельефа. Пояс не является сплошным, он расположен пятнами в цепи аридных котловин, расположенных между Скалистым и Боковым хребтами, наиболее значительные площади находятся в верховьях Кубани и Баксана, но наибольшего развития этот пояс достигает в пределах Нагорного Дагестана, занимая все южные горные склоны [19].

В этом поясе широко распространены колючеподушечниковые биоморфы, которые образуют такие виды, как *Astracantha aurea*, *A. denudata*, *A. caucasica*, покрывающие большую часть склонов аридных котловин; реже, в восточной части – *A. caspica*, *A. microcephala*; в Дагестане – *Dendrobrychis cornuta*. К выходам материнских пород приурочены полидоминантные фитоценозы с участием *Juniperus sabina*, в составе которых участвуют и другие кустарники (*Ephedra procera*, *Spiraea hypericifolia*, *Berberis vulgaris*), травянистые растения (*Nepeta biebersteiniana*, *Teucrium orientalis*, *Salvia canescens*, *Thymus daghestanicus* и др.), некоторые геофиты и терофиты, всего около 80 видов [15].

На территории Внутригорного Дагестана состав нагорных ксерофитов определяется материнскими породами. На известняковых склонах развит шибляк из *Ephedra procera*, *Spiraea hypericifolia*, *Rhamnus pallasii*, *Dendrobrychis cornuta* и др., из

травянистых растений *Convolvulus ruprechtii*, *Salvia daghestanica*, *Scabiosa gum-betica* и др., на склонах кислых пород – преимущественно *Juniperus oblonga*, *Paliurus spina-christi*, *Astragalus aureus*, из травянистых *Stipa daghestanica*, *Limoniopsis owerinii*, *Salvia beckeri* и др. [19].

Субальпийский пояс приурочен к высотам 1800-2800 м н. у. м. Здесь, помимо типичных субальпийских лугов, в зависимости от условий развиваются ещё три типа растительного покрова – заросли субальпийских можжевельников, заросли рододендрона (родореты) и высокотравье [19].

Заросли можжевельников из *Juniperus sabina* и *J. hemisphaerica* обычно приурочены к сухим склонам южной экспозиции. Они представляют собой элементы нагорно-ксерофильной растительности [19]. *Juniperus sabina* имеет форму стланика, растущего вместе с *Berberis vulgaris*, *Astracantha aurea*, видами рода *Rosa*, полукустарниками *Thymus daghestanicus*, *Theucrium orientalis* и др. [17].

Заросли *Rhododendron caucasicum* (родореты) располагаются на границе лесного и субальпийского, по неровностям микрорельефа могут достигать альпийского пояса. Типичные чистые заросли лишены примеси древесных видов, первый ярус составляет *Rh. caucasicum* и некоторые кустарники. Такие заросли развиваются на северных склонах при крутизне 25-40°, на высоте н. у. м. от 2200 до 2700 м. Обычно им сопутствует небольшое количество «постоянных спутников», состав которых в зависимости от условий и географического положения меняется [23].

Высокотравье представлено сообществами высоких травянистых растений до 2-2,5 м высотой, обитающих в верхней части лесного и нижней части субальпийского поясов, оно играет роль переходной зоны от леса к настоящему лугу. Имеет фрагментарное распространение и приурочено к местообитаниям с повышенным увлажнением. Фитоценоотически характеризуется отсутствием дернового процесса, плохо выраженной ярусностью и малым количеством основных компонентов [19]. Основу таких сообществ составляют такие мезофильные виды, как *Lilium monadelphum*, *Delphinium flexuosum*, *Aconitum orientale*, *A. nasutum*, *Heracleum asperum*, *Symphytum asperum*, *Cephalaria*

gigantea, *Telekia speciosa*, *Adenostyles macrophylla*, *Cicerbita macrophylla* и др. [17].

Основу субальпийской растительности составляют луга. Это остепнённые луга с доминированием *Bromopsis variegata*, пестрооосынищевые луга с доминированием *Festuca varia*, разнотравные и злаково-разнотравные, луга, сложенные разнообразными сообществами, отличающимися богатством видового состава (50-70 видов покрытосеменных растений), среди которых наиболее характерны *Anemonastrum fasciculatum*, *Geranium renardii*, *G. ruprechtii*, *Betonica macrantha*, *Veronica gentianoides*, *Scabiosa caucasica*, и др., а также осоковые луга, где наиболее обычна *Carex tristis*, формирующая злаково-осоковые ассоциации [17].

Альпийский пояс в зависимости от географического расположения занимает высоты от 2200 до 3300 м н. у. м. Местообитания растений в альпийском поясе характеризуются каменистостью субстрата, маломощностью почвенного покрова и суровостью холодного и относительно сухого климата, а также интенсивностью солнечного освещения [17]. Здесь имеются значительные выходы коренных пород, обширные площади, занятые каменными россыпями, осыпями, моренными грядами, конусами выносов лавин и др. Растительный покров по ряду признаков сходен с таковым в зоне тундры, а именно: общие жизненные формы (подушковидные, стелющиеся, розеточные, низкорослые формы), общие экологические группы (психрофиты и криофиты), растения отличаются коротким вегетационным периодом, преобладанием вегетативного размножения над семенным, значительной продолжительностью жизни и др. Некоторые исследователи называют альпийский пояс горной тундрой [22].

В альпийском поясе выделяют следующие типы растительности: скально-осынная, ковровая, луговая, пустошная.

Скально-осынная растительность составлена петрофитами, формирующими разнообразные и многочисленные растительные группировки, изобилующие эндемичными видами, особенно в центральной части Большого Кавказа, где сосредоточены такие скальные эндемики, как *Minuartia brotherana*, *Gypsophila imbricata*, *Charesia akinfievii*, *Saxifraga columnaris*, *S. dinnikii*, *Campanula hypopolia* и многие дру-

гие [19]. Отмечается высокое участие представителей семейств *Caryophyllaceae*, *Brassicaceae*, *Saxifragaceae*, *Rubiaceae*, *Asteraceae* [24].

Альпийские ковры образованы низкорослыми растительными сообществами с преобладанием двудольных, образующих плотную дернину из преимущественно розеточно-стержневых биоморф. Ковры встречаются обычно сравнительно небольшими участками, за исключением зибальдиевых и манжетковых ковров, получивших широкое распространение в центральной части северного макросклона Большого Кавказа [22].

Альпийские луга образованы мелкоосоковыми, бобово-мелкоосоковыми, разнотравно-мелкоосоковыми, плотнодерновинно-злаковыми, кобрезиевыми и другими сообществами. Основными дернообразователями являются *Carex tristis*, *C. meinshauseniana*, *C. huetiana*, *Festuca ovina*, *Poa alpina*. Альпийские луга отличаются высоким проективным покрытием (95-100 %), а видовой состав ограничен в основном 25-30 видами, среди которых обычны *Campanula biebersteiniana*, *C. ciliata*, *Gentiana angulosa*, *Gentianella biebersteinii*, *Taraxacum crepidiforme* и др. [22].

К пустошам относятся растительные сообщества, образованные мхами и лишайниками с разреженным ярусом цветковых растений (некоторые виды злаков и двудольных), а также психрофильными кустарничками и кустарниками, такими как *Empetrum caasicum*, *Salix kazbekensis*, *S. hastata*, *S. pontosericea*, *Rhodococcum vitisidaea*. Пустоши встречаются в верхних частях альпийского пояса на северных склонах Главного и Бокового хребтов [22].

Субнивальный пояс расположен на высотах от 3200 до 3800 м н. у. м., верхней границей которого считается так называемый «уровень 365» (абсолютная высота, выше которой снежный покров держится 365 дней в году [22]). Рельеф носит следы ледниковой деятельности, изобилует трогами, ледниковыми амфитеатрами, цирками, карами и др. [17]. Преобладают скалистые, щебнистые, осынные и моренные местообитания, растительный покров разрежен и упрощён, имеет в своём составе облигатные эндемичные виды растений, такие как *Ranunculus arachnoideus*, *Corydalis pallidiflora*, *Sedum stevenianum*, *Vavilovia formosa*, *Pseudovesicaria digitata*,

Trigonocarium involucreatum, *Veronica bogosensis*, *Pseudobetckea caucasica*, *Jurinella moschus* и многие другие. Здесь наиболее распространены пионерные группировки подушковидных биоморф: *Draba bryoides*, *D. mollissima*, *Saxifraga moschata*, *Campanula fominii* и др.

Большей частью развиты лишайниковые пустоши, представленные эпилитной группой лишайников. В субнивальный пояс заходят некоторые виды кустарничков – *Salix kazbekensis*, *Rhodococcum vitisidaea*, *Empetrum caucasicum*, а также злаки и осоки *Festuca supina*, *Carex tristis* и др. [6].

Нивальный пояс находится выше 3200–3800 м н. у. м. и представляет собой область современного оледенения Большого Кавказа, где характерны круглогодичные

отрицательные температуры воздуха и полное отсутствие почвы и высших растений [17].

Заключение

В целом растительный покров в горах Российского Кавказа дифференцируется в зависимости от термического режима, почвенных условий, экспозиции и крутизны склонов, высоты над уровнем моря, что создает целые спектры локальной зональности, характеризующиеся разнообразием растительного покрова. Между высотными поясами существуют переходные зоны-экотоны, в которых обнаруживаются виды нижних и верхних поясов, поэтому четких границ между ними не прослеживается, что сильно затрудняет их выделение [22].

Список источников

1. Раковская Э. М., Давыдова М. И. Физическая география России: в 2-х ч. Ч. 2. М.: ВЛАДОС, 2001. 288 с.
2. Атаев З. В., Братков В. В. Ландшафтное разнообразие особо охраняемых природных территорий Российского Кавказа // Географический вестник. 2011. № 1(16). С. 4-10. EDN NTKDNU
3. Толмачев А. И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. Новосибирск: Наука, 1986. 195 с.
4. Гвоздецкий Н. А. Кавказ: очерк природы. М.: Географгиз, 1963. 260 с.
5. Мильков Ф. Н., Гвоздецкий Н. А. Физическая география СССР. Общий обзор. Европейская часть СССР. Кавказ. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1986. 375 с.
6. Цепкова Н. Л. К синтаксономии пастбищных сообществ высокогорных лугов Центрального Кавказа // Труды высокогорного геофизического института. 1987. Вып. 68. С. 82-96.
7. Ефремов Ю. В., Ильичёв Ю. Г., Панов В. Д., Панова С. В., Погорелов А. В., Шереметьев В. М. Хребты Большого Кавказа и их влияние на климат. Краснодар: Просвещение-Юг, 2001. 144 с.
8. Ефремов Ю. В., Панов В. Д., Лурье П. М., Ильичёв Ю. Г., Панова С. В., Лутков Д. А. Орография, оледенение, климат Большого Кавказа: опыт комплексной характеристики и взаимосвязей. Краснодар: КубГУ, 2007. 338 с. EDN XBQEDR
9. Салацкий Н. Д. Очерк орографии и геологии Кавказа. Тифлис, 118 с.
10. Атаев З. В. Орография высокогорий Восточного Кавказа // Географический вестник. 2012. № 2(21). С. 4-9. EDN PAGJTZ.
11. Ефремов Ю. В. Голубое ожерелье Кавка-

References

1. Rakovskaya EM, Davydova MI. Physical geography of Russia: in 2 parts. Part 2. Moscow: VLADOS, 2001:288. (In Russ).
2. Ataev ZV, Bratkov VV. Landscape diversity of specially protected natural territories in the Russian Caucasus. *Geographical Bulletin*. 2011(1(16):4-10. (In Russ). EDN NTKDNU
3. Tolmachev AI. Methods of comparative floristry and florogenesis issues. Novosibirsk: Nauka, 1986:195.
4. Gvozdetsky N. A. The Caucasus: an essay on nature. Moscow: Geographgiz, 1963:260. (In Russ).
5. Milkov FN, Gvozdetsky NA. Physical geography of the USSR. General review. European part of the USSR. Caucasus. 5th ed., revised and enlarged, Moscow: Vysshaya shkola, 1986:375. (In Russ).
6. Tsepkova NL. On the syntaxonomy of pasture communities in high-mountain meadows of the Central Caucasus. *Proceedings of High-Mountain Geophysical Institute*. 1987(68):82-96. (In Russ).
7. Efremov YuV, Ilyichev YuG, Panov VD, Panova SV, et al. Ridges of the Greater Caucasus and their influence on climate. Krasnodar: Prosveshchenie-Yug, 2001:144. (In Russ).
8. Efremov YuV, Panov VD, Lurie PM, Ilyichev YuG, et al. Orography, glaciation, climate of the Greater Caucasus: experience of complex characteristics and relationships. Krasnodar: KSU, 2007:338. (In Russ). EDN XBQEDR
9. Salatsky ND. Essay on the orography and geology of the Caucasus. Tiflis, 118 p. (In Russ).
10. Ataev ZV. Orography of the Eastern Caucasus highlands. *Geographical Bulletin*. 2012(2(21):4-9. (In Russ). EDN PAGJTZ
11. Efremov YuV. Blue necklace of the Caucasus. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1988:160. (In

за. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 160 с.

12. Алисов Б. П. Климат СССР. М.: Высшая школа, 1969. 104 с.

13. Шальнев В. А. Ландшафты Ставропольской возвышенности: автореферат дисс. ... канд. геогр. наук. Л., 1966. 20 с.

14. Гулисашвили В. З. Природные зоны и естественно-исторические области Кавказа. М.: Наука, 1964. 327 с.

15. Шхагапсоев С. Х. Петрофиты Скалистого хребта Кабардино-Балкарии и их анализ. Нальчик: КБГУ, 1994. 80 с.

16. Залиханов М. Ч., Коломыц Э. Г. Высокогорная геоэкология: предмет и задачи // Труды высокогорного геофизического института. 1984. Вып. 58. С. 3-19.

17. Шифферс Е. В. Растительность Северного Кавказа и его природные кормовые угодья. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1953. 400 с.

18. Галушко А. И. Анализ флоры западной части Центрального Кавказа // Флора Северного Кавказа и вопросы её истории. Вып. 1. Ставрополь, 1976. 202 с.

19. Гроссгейм А. А. Растительный покров Кавказа. М.: ф-ка дет. книги Детгиза, 1948. 267 с.

20. Ярошенко П. Д., Кушхов А. Х. Пастбища и сенокосы ущелий рек Тызыл и Гунделен в КБАССР. Нальчик: Каб.-Балк. кн. изд-во, 1966. 63 с.

21. Литвинская С. А. Атлас растений природной флоры Кавказа. М.: ЛАКОЛ», 2011. 363 с. EDN: QKTXFB

22. Разумов В. В., Курданов Х. А., Разумова Л. А., Разумова Л. М., Батырбекова Л. М., Крохмаль А. Г. Экосистемы гор Центрального Кавказа и здоровье человека. М.: Илекса; Ставрополь: Ставропольсервисшкола, 2003. 447 с.

23. Иванов А. Л. Флора и флорогенез зарослей *Rhododendron caucasicum* Pall. Ставрополь: СГУ, 2002. 144 с.

24. Шхагапсоев С. Х. Анализ петрофитного флористического комплекса западной части Центрального Кавказа. Нальчик: Эль-Фа, 2003. 220 с.

Russ).

12. Alisov BP. Climate of the USSR. Moscow: Vysshaya shkola, 1969:104. (In Russ).

13. Shalnev VA. Landscapes of the Stavropol Upland: Author's abstract of Ph.D. (Geography). Leningrad, 1966:20. (In Russ).

14. Gulisashvili VZ. Natural zones and natural-historical regions of the Caucasus. Moscow: Nauka, 1964:327. (In Russ).

15. Shkhagapsoev SKh. Petrophytes of the Rocky Range in Kabardino-Balkaria and their analysis. Nalchik: KBSU, 1994:80. (In Russ).

16. Zalikhanov MCh, Kolomyts EG. High-mountain geoecology: subject and tasks. *Proceedings of High-Mountain Geophysical Institute*. 1984(58):3-19. (In Russ).

17. Shiffers EV. Vegetation of the North Caucasus and its natural forage lands. Moscow-Leningrad: the USSR Academy of Sciences, 1953:400. (In Russ).

18. Galushko AI. Analysis of the flora in the western part of the Central Caucasus. *Flora of the North Caucasus and issues of its history*. Vol. 1. Stavropol, 1976:202. (In Russ).

19. Grossgeim AA. Vegetation cover of the Caucasus. Moscow: Detgiz, 1948:267. (In Russ).

20. Yaroshenko PD, Kushkhov AKh. Pastures and hayfields in the gorges of the Tyzyl and Gundelen rivers in the KBASSR. Nalchik: Kabardino-Balkarian Publ., 1966:63. (In Russ).

21. Litvinskaya SA. Atlas of plants of the Caucasus natural flora. Moscow: LAKOL, 2011:363. (In Russ). EDN: QKTXFB

22. Razumov VV, Kurdanov KhA, Razumova LA, Razumova LM, et al. Ecosystems of the Central Caucasus mountains and human health. Moscow: Ilexa; Stavropol: Stavropolserviceschool, 2003:447. (In Russ).

23. Ivanov AL. Flora and florogenesis of *Rhododendron caucasicum* Pall thickets. Stavropol: SSU, 2002:144. (In Russ).

24. Shkhagapsoev SKh. Analysis of the petrophytic floristic complex of the Central Caucasus western part. Nalchik: El-Fa, 2003:220. (In Russ).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Тайсумов Муса Анасович, доктор биологических наук, вице-президент Академии наук Чеченской Республики; профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности, Чеченский государственный педагогический университет, Грозный, Россия, musa_taisumov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5053-8816>

Магомадова Раиса Сайпудиновна, кандидат биологических наук, доцент кафедры

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Musa A. Taisumov, Doctor of Science (Biology), Vice-President, Academy of Sciences of the Chechen Republic; Professor of the Department of Ecology and Life Safety, Chechen State Pedagogical University, Grozny, Russia, musa_taisumov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5053-8816>

Raisa S. Magomadova, Ph.D. (Biology), Associate Professor, Department of Ecology and Life Safety, Chechen State Pedagogical Univer-

экологии и безопасности жизнедеятельности, Чеченский государственный педагогический университет, Грозный, Россия, r.s.magomadova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6658-9354>

Астамирова Маржан Абдул-Межидовна, доктор географических наук, главный научный сотрудник отдела биологических исследований, Академия наук Чеченской Республики; доцент кафедры биологии и методики преподавания, Чеченский государственный педагогический университет, Грозный, Россия, astamirova@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2251-0696>

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

Дудагова Эльза Шарановна, преподаватель кафедры биологии и методики ее преподавания, Чеченский государственный педагогический университет, Грозный, Россия, dudagova@mail.ru

Критерии авторства

Тайсумов М. А. и Астамирова М. А.-М. проанализировали историю изучения природных параметров распространения ксерофитов флоры региона; Магомадова Р. С. и Дудагова Э. Ш. участвовали в методике исследований; Атаев З. В. провел анализ высотного фактора, экспозиции склонов и климатических параметров распространения ксерофитов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 15.08.2023
Одобрена после рецензирования 01.09.2023
Принята к публикации 11.09.2023

sity, Grozny, Russia, r.s.magomadova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6658-9354>

Marzhan A.-M. Astamirova, Doctor of Science (Geography), Chief Researcher, Department of Biological Research, Academy of Sciences of the Chechen Republic; Associate Professor, Department of Biology and Teaching Methods, Chechen State Pedagogical University, Grozny, Russia, astamirova@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2251-0696>

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

Elza Sh. Dudagova, Lecturer, Department of Biology and Methods of its Teaching, Chechen State Pedagogical University, Grozny, Russia, dudagova@mail.ru

Contribution of the authors

Taysumov M. A. and Astamirova M. A.-M. analyzed the history of studying the natural parameters of the distribution of flora xerophytes in the region; Magomadova R. S. and Dudagova E. Sh. participated in the research methodology; Ataev Z. V. carried out an analysis of the altitude factor, slope exposure and climatic parameters of the xerophytes distribution.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 15.08.2023
Approved after reviewing 01.09.2023
Accepted for publication 11.09.2023

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 528.9:528.8:528.7:004:556:502:504
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-88-105
EDN: UIZRWF

Подготовка материалов геоинформационно-картографического мониторинга береговой линии Аральского моря по данным дистанционного зондирования

© 2023 Тесленок С. А. [✉] 1,2, Калашникова Л. Г. ², Муштайкин А. П. ²

¹ Югорский государственный университет

Ханты-Мансийск, Россия, teslenok-sa@mail.ru [✉]

² Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва

Саранск, Россия, teslenok-sa@mail.ru; lar_ka73@mail.ru; anton169@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Цель. Создание серии разновременных карт, отображающих динамику изменения береговой линии Аральского моря и служащих основой организации и осуществления геоинформационно-картографического мониторинга в районе наиболее масштабной экологической катастрофы последнего времени – располагавшегося в пределах территорий Казахстана и Узбекистана и почти исчезнувшего Аральского моря. **Методы.** Исследование осуществлялось на основе применения комплекса методов дистанционного зондирования и геоинформационного картографирования, диахронического анализа, сравнительно-географического и геоинформационно-картографического, статистического методов, включавших сбор, инвентаризацию, описание, систематизацию, сравнение, анализ и оценку исходных данных. В качестве основного картографического источника были использованы физические карты Казахской ССР и среднеазиатских республик СССР: Киргизии, Таджикистана и Узбекистана. Создание серии разновременных карт, визуализирующих динамику изменения береговой линии Аральского моря и ставших базой геоинформационно-картографического мониторинга, включало разработку математической основы серии проектируемых карт с выбором главного масштаба, картографической проекции, координатной сетки и созданием компоновки карты. Для создания карт на последующие временные периоды были задействованы серии разновременных космических снимков спутниковой системы Landsat, полученные с помощью программного пакета приложения Google Earth. **Результаты.** На каждый из исследуемых периодов были созданы мониторинговые общегеографические карты, дающие наглядное представление об отдельных временных этапах процесса протекания экологической катастрофы. Кроме того, была спроектирована и построена синтетическая карта динамики береговой линии Аральского моря. Динамика границы береговой линии на разные временные срезы визуализирована путем одновременного наложения границ береговых линий за исследуемые десятилетние периоды. **Вывод.** Ландшафтно-экологические, социально-экономические, гуманитарные последствия катастрофы Аральского моря являются угрозой не только устойчивому развитию региона, но и самому его существованию, включая состояние здоровья, генофонда и будущее проживающего в нем населения. В связи с этим разработанные и созданные по данным дистанционного зондирования геоинформационно-картографические материалы мониторинга береговой линии Аральского моря призваны способствовать определению возможностей разработки и внедрения комплекса мероприятий по повышению естественного биоразнообразия, комплексному геоэкологическому мониторингу и оценке природных экосистем, обеспечению устойчивого развития сельского хозяйства в регионе, развитию технологий сохранения и повышения почвенного плодородия, устойчивости сельскохозяйственных агроценозов, биологизации продуктов растениеводства, эколого-биологического развития агропромышленного комплекса и органического сельского хозяйства. Полученные карты динамики береговой линии могут быть задействованы для проведения природоохранных мероприятий, процесса экологической экспертизы, независимого контроля, осуществления комплексного геоэкологического мониторинга, а также планового обновления топографической основы различного масштабного ряда.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования, космическая съемка, дешифрирование, Аральское море, береговая линия, геоинформационное картографирование, серия разновременных карт, динамика, геоинформационно-картографический мониторинг.

Формат цитирования: Тесленок С. А., Калашникова Л. Г., Муштайкин А. П. Подготовка материалов геоинформационно-картографического мониторинга береговой линии Аральского моря по данным дистанционного зондирования // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 3. С. 88-105 DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-88-105. EDN: UIZRWF

Preparation of Materials for Geoinformation and Cartographic Monitoring of the Aral Sea Coastline Based on Remote Sensing Data

© 2023 Sergey A. Teslenok[✉] 1,2, Larisa G. Kalashnikova², Anton P. Mushtaikin²
¹ Yugra State University Khanty-Mansiysk, Russia, teslenok-sa@mail.ru[✉]
² National Research Ogarev Mordovia State University
Saransk, Russia, teslenok-sa@mail.ru; lar_ka73@mail.ru; anton169@mail.ru

ABSTRACT. Aim. Creation of a series of multi-time maps showing the changes dynamics in the Aral Sea coastline and serving as the basis for the organization and implementation of geoinformation and cartographic monitoring in the area of the most widespread environmental disaster of recent times – located within the territories of Kazakhstan and Uzbekistan and the disappeared Aral Sea. **Methods.** The research was carried out on the basis of methods of remote sensing and geoinformation mapping, comparative geographical and geoinformation cartographic, statistical methods, including collection, inventory, description, systematization, comparison, analysis and evaluation of initial data. Physical maps of the Kazakh SSR and the Central Asian republics of the USSR: Kyrgyzstan, Tajikistan and Uzbekistan were used as the main cartographic source. The creation of a series of multi-time maps visualizing the dynamics of changes in the Aral Sea coastline and which became the basis for geoinformation and cartographic monitoring included the development of a mathematical basis for a series of projected maps with the choice of the main scale, cartographic projection, coordinate grid and the creation of a map layout. To create maps for subsequent time periods, a series of multi-time satellite images of the Landsat satellite system were used, obtained using the software package of the Google Earth application. **Results.** For each of the studied periods, monitoring general geographic maps were created, giving a visual representation of the individual time stages of the environmental disaster process. In addition, it was designed and built the dynamics map of the Aral Sea coastline. The coastline boundary dynamics into different time slices is visualized by simultaneously superimposing the boundaries of the coastlines over the studied ten-year periods. **Conclusion.** The landscape-ecological, socio-economic and humanitarian consequences of the Aral Sea disaster pose a threat not only to the region sustainable development, but also to its very existence, including the state of health, the gene pool and the future of the population living in it. In this regard, geoinformation and cartographic materials for monitoring the Aral Sea coastline developed and created based on remote sensing data are designed to help identify opportunities for developing and implementing a set of measures to increase natural biodiversity, integrated geoecological monitoring and assessment of natural ecosystems, ensuring sustainable agricultural development in the region, technologies for preserving and increasing soil fertility and the sustainability of agricultural agrocenoses, biologization of crop products, ecological and biological development of the agro-industrial complex and organic agriculture. The obtained maps of the coastline dynamics can be used for environmental protection measures, the process of environmental assessment, independent control, comprehensive geoecological monitoring, as well as planned updating of the topographic basis for various scale series.

Keywords: remote sensing data, satellite imagery, decryption, the Aral Sea, coastline, geoinformation mapping, a series of multi-time maps, dynamics, geoinformation and cartographic monitoring.

For citation: Teslenok SA, Kalashnikova LG, Mushtaikin AP. Preparation of Materials for Geoinformation and Cartographic Monitoring of the Aral Sea Coastline Based on Remote Sensing Data. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2023;17(3):88-105 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-88-105. EDN: UIZRWF

Введение

Негативное антропогенное воздействие на окружающую среду в разной степени и по-разному проявлялось на протяжении всей истории существования человечества. Параллельно с увеличением численности населения планеты увеличивалось и число экологических катастроф, произошедших по вине человека. Наибольшее количество природных техногенных бедствий пришлось на XX и XXI вв., поэтому в современном мире огромное значение приобретают исследования в области экологии, включая, в первую очередь, мониторинговые.

Наиболее масштабной экологической катастрофой последнего времени стало фактическое исчезновение Аральского моря, расположенного в пределах современных территорий Казахстана и Узбекистана, и в 50-х гг. XX в. являвшегося четвертым по площади озером мира и вторым в СССР. Экосистемы и биоразнообразие этого, в прошлом уникального, красивейшего и одного из крупнейших внутренних водоемов мира, а также прилегающих районов Приаралья на протяжении жизни только одного поколения оказались на грани полного уничтожения, что сразу же сказалось на условиях проживания и жизнедеятельности местного населения. Ландшафтно-экологические, социально-экономические, гуманитарные последствия этой катастрофы являются прямой угрозой не только устойчивому развитию региона, но даже просто его существованию, включая состояние здоровья, генофонда и будущее проживающего в нем населения.

Материалы и методы исследования

Целью исследования стало создание серии разновременных карт, отображающих динамику изменения береговой линии Аральского моря и служащих основой организации и осуществления геоинформационно-картографического мониторинга. Для этого в работе был решен комплекс следующих задач: получение и изучение общегеографических и исторических сведений на исследуемые акваторию и прилегающую территорию; получение и анализ архивных картографических материалов с выбором исходной общегеографической карты; поиск и дешифрирование серии разновременных космических снимков с равными десятилетними временными интервалами на исследуемый район; формирование специализированной базы данных в программной среде целевой географической информационно-картографической системы (ГИС)

MapInfo; подготовка серии карт Аральского моря и Приаралья по заданным десятилетним временным периодам; изучение системы государственных и общественных мероприятий, направленных на улучшение геоэкологической ситуации в регионе.

Актуальность данной работы состоит в выявлении возможностей наглядной геоинформационно-картографической визуализации современного состояния сложившейся в регионе ситуации, которая уже много лет тревожит экологов не только Казахстана и Узбекистана, но и все мировое научное сообщество. Практическая значимость данной работы заключается в том, что полученные результаты могут быть использованы при планировании и осуществлении системы оптимизационных природоохранных мероприятий для спасения экосистем Аральского моря и Приаралья.

Исключительное разнообразие тематики, назначения, содержания, территориального охвата, масштаба географических карт определяет и многообразие источников, используемых для их проектирования и составления, при этом одни из них могут быть основными, другие – дополнительными (вспомогательными); выделяют также источники современные и старые (ретроспективные), первичные и вторичные, получаемые в результате обработки первичных [1-5]. В проведенном исследовании широко использовались картографические данные, литературные (текстовые) источники, материалы дистанционного зондирования. Дополнительные источники представлены данными астрономо-геодезическими, экономико-статистическими, результатами натурных наблюдений и измерений, включая гидрометеорологические наблюдения и материалы экологического и других видов мониторинга (аэрокосмического [6-9], компонентного на акваториях водохранилищ [10], подземных вод [11; 12] и др.).

Картографические источники содержат общегеографические и тематические карты, планы, землеустроительные и кадастровые материалы [1-5]. Первые, включая топографические, применяются, как правило, для создания географической основы будущих тематических карт. Причем масштаб карты-источника должен быть близок к масштабу проектируемой карты. В нашем случае в качестве основного картографического источника были использованы физические карты Казахской ССР мас-

штаба 1:8 000 000 и среднеазиатских республик СССР: Киргизии, Таджикистана и Узбекистана масштаба 1:7 500 000 [13; 14]. Тематические карты различного назначения и масштаба являются незаменимым источником, прежде всего, для нанесения на создаваемую карту специального содержания [4; 15-17]. Обычно по тематическим картам более крупного масштаба создаются карты более мелкого, кратного с ним масштаба. Особое место занимают землеустроительные и кадастровые карты и планы, являющиеся неоценимым источником качественных и количественных данных, характеризующих географические объекты, явления и процессы, а также рекомендаций по использованию разных видов природных ресурсов [1-5].

К текстовым источникам относят разного рода географические описания, полученные на основе различных исследований. Как правило, они служат дополнительными источниками, но в ряде случаев (например, при составлении исторических или экономических карт) могут стать основными. Такие источники могут быть посвящены как самому описываемому явлению, так и уже созданным ранее картам [18-20]. Таким образом, совместное использование составляемых карт и текстовой информации позволит наиболее подробно передать все свойства картографируемого явления. В процессе проведения исследования и составления карт нами были задействованы труды специалистов в области общего и специального проектирования и составления карт, таких как А. М. Берлянт [2; 3], Ю. С. Билич и А. С. Васмут [20], Е. А. Божилина [16; 21], И. П. Заруцкая [15], В. И. Кравцова [3; 7], К. А. Салищев [1], Б. Б. Серапинас [22]. Безусловно, очень важную информацию предоставили также работы исследователей, занимавшихся изучением вопросов собственно Аральского моря, таких как Н. В. Аладин, [23-25], В. И. Бортник [26], В. А. Духовный [27], Р. Н. Курбанов [28; 29], М. И. Львович и И. Д. Цигельная [30], Ф. Миклин [25; 31], Ф. Д. Мордухай-Болтовская [32], И. С. Плотников [22-24; 33], Д. А. Сорокин и Ш. Ш. Зайтов [34] и др.

Использованные данные дистанционного зондирования могут быть получены при съемках различного вида (наземной, аэрокосмической, подводной) с космических и воздушных летательных аппаратов, морских судов. Они широко применяются при обновлении существующих карт и созда-

нии новых, особенно на территории труднодоступных районов. Основное их преимущество заключается в четкости, детализированности изображения, охвате больших по площади территорий съемки [6-9; 34-36]. В нашем случае такие данные представлены комплектом разновременных космических снимков спутниковой системы Landsat [37] периода 1973-2014 гг., полученным через программный пакет приложения Google Earth [38].

Астрономо-геодезические данные представлены результатами разного рода наблюдений по созданию плановых и высотных геодезических сетей (астрономических, геодезических, трилатерационных, триангуляционных, полигонометрических, нивелирных). В настоящее время наибольшей популярностью пользуются глобальные навигационные спутниковые системы позиционирования, позволяющие создавать планово-высотную геодезическую основу в режиме реального времени [39].

Экономико-статистические материалы и данные экологической направленности представляют собой статистическую информацию по населению, отраслям экономики, природным условиям и ресурсам, особенностям природопользования, экологическим проблемам, как правило, за определенный временной промежуток. Большинство из них представлено в виде справочников, программ и проектов различных фондов [40-46]. Основным видом карт, составляемых при использовании указанных выше материалов, являются социально-экономические и экологические, в основном комплексные и синтетические [1-5; 11; 12; 17; 20; 21; 47-49].

Натурные наблюдения и измерения, как тип источников данных, представлен разного рода научными описаниями, рисунками и фотографиями объектов, процессов и явлений; данными измерений по результатам специальных наблюдений; различными разрезами, профилями, монолитами, скважинами; материалами маршрутных наблюдений и т. п. [1-5]. Важнейшей неотъемлемой их частью являются стационарные (в том числе мониторинговые) наблюдения, организуемые и проводимые в характерных местах в установленное время [10-12]. В случаях значительных по размеру картографируемых территорий выбираются эталонные (ключевые, однотипные) участки, соотносимые с соответствующими регионами.

Гидрометеорологические наблюдения – результаты наблюдений на метеорологиче-

ских станциях (отдельные и комплексные климатические характеристики, в числе которых атмосферное давление, температура воздуха и почвы, скорость ветра, влажность воздуха, вид и количество осадков и др.) и гидрологических постах (гидрологические характеристики, включающие режим отдельных элементов гидрографической сети, морских течений и т. п.), регулярно собираемые по срокам, обрабатываемые и систематически публикуемые [10; 19; 26; 27]. Важными источниками послужили данные о динамике акватории Аральского моря Научного центра оперативного мониторинга Земли [36] и Фонда защиты генофонда Приаралья [50].

Результаты и их обсуждение

Создание серии разновременных карт, визуализирующих динамику изменения [1; 2; 5; 15-17; 21; 35] в нашем случае – береговой линии Аральского моря и ставших базой геоинформационно-картографического мониторинга, включало разработку математической основы серии проектируемых карт с выбором главного масштаба, картографической проекции, координатной сетки и созданием компоновки карты [23]. С учетом предъявляемых требований для серии карт были выбраны масштаб 1:1 200 000, нормальная равнопромежуточная коническая проекция Каврайского со следующими параметрами: осевой меридиан 60° в. д., параллели проведены через 4° , крайние параллели 44° и 48° с. ш. В результате выполнения процесса компоновки были

определены следующие параметры карты: лист формата А4 книжной ориентации, масштаб 1:1 200 000, внешняя рамка 25,5 x 19,5 см, название карты в прямоугольнике размером 6,0 x 1,5 см.

Каждая из карт серии, полученной в данном исследовании, является сходной по содержанию с другими и представлена на одну и ту же акваторию и территорию, объединяя в себе единство их содержания. Эти карты проектируются и составляются в рамках единой математической, общегеографической и тематической основы, характеризуются одинаковой информационной нагрузкой, едиными параметрами генерализации объектов содержания и общей системой условных обозначений и оформления.

На подготовительном этапе создания серии карт происходил сбор и обработка основных и вспомогательных источников, описанных выше. Собственно, создание и обработка картографических данных производились в программной среде ГИС MapInfo 12.5 [51]. На начальном этапе работа велась с основным картографическим материалом, представленным картой Казахской ССР масштаба 1:8 000 000 [14] в растровом формате *.jpg (рис. 1). Данная карта была выбрана в качестве основы с учетом нескольких факторов. В первую очередь она отображает наибольшее количество объектов, хорошо читаема и имеет высокое разрешение (по сравнению с другими аналогичными).



Рис. 1. Основной картографический источник – карта Казахской ССР масштаба 1:8 000 000 [14]

Fig. 1. The main cartographic source is a 1:8 000 000 scale map of the Kazakh SSR [14]

С помощью инструментов пространственной привязки карта приводится к географической системе координат и заданному масштабу (рис. 2, а) [17; 38; 51].

Для сравнения, зарубежная база векторных данных Natural Earth Data [52] содержит меньшее количество объектов в пределах исследуемой территории.

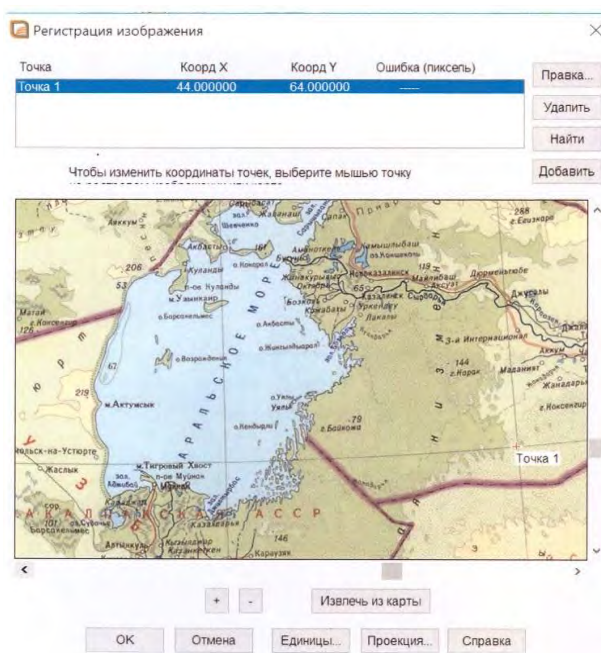
Далее на основе привязанного растрового изображения исходной карты в специализированной региональной ГИС [35], реализованной на базе программного обеспечения MapInfo 12.5. [51] создавались векторные тематические слои, такие как рельеф, гидрографическая сеть, населенные пункты, пути сообщения и др., с формированием их базы данных. Каждый векторный тематический слой представлен таблицей атрибутивных данных, содержащей информацию о каждом точечном, линейном или полигональном объекте, входящим в соответствующий слой [53]. Пример такой таблицы показан на рисунке 2, б.

Оцифрованные слои векторных данных послужили основой для создания первой (базовой) из серии карт исследуемой территории и акватории – на 1960 г. (рис. 3).

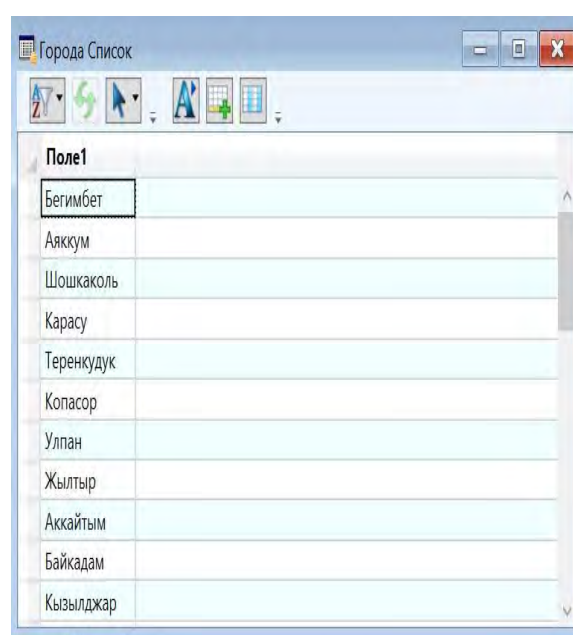
Для дальнейшего создания карт на

последующие временные периоды были задействованы серии разновременных космических снимков спутниковой системы Landsat [40] на регион Аральского моря и Приаралья, полученные с помощью программного пакета приложения Google Earth [41] (рис. 4).

По аналогии с картой-источником, процедура привязки к географической системе координат с помощью выбранных контрольных точек с известными координатами осуществлялась и для космических снимков. Данный процесс показан на рисунке 5, а [38; 51]. В процессе интегрирования космических снимков в программную среду ГИС MapInfo была исследована динамика площади водного зеркала Арала на разных этапах его существования за анализируемый временной период (рис. 5, б). Полученные результаты представлены в таблице. В процессе оценки площади акватории неопределимую роль играют дополнительные статистические источники, а также данные гидрометеорологических наблюдений на конкретный исследуемый период [26; 27; 36; 44; 47]. Полученные нами данные соответствуют приведенным в указанных источниках.



а



б

Рис. 2. Работа с исходной растровой картографической основой в ГИС MapInfo:

а – привязка к географической системе координат;

б – создание базы данных объектов векторного слоя

Fig. 2. Working with the original raster cartographic basis in the MapInfo GIS: a is a binding to geographical coordinate system; b is a creating a database of vector layer objects



Рис. 3. Первая из серии карт на акваторию Аральского моря и территорию Приаралья 1960 г.
Fig. 3. The first of a series of maps for the Aral Sea and the territory of the Aral Sea region in 1960

Результаты оценки площади зеркала водной поверхности Аральского моря, выполненной с помощью технологий ГИС, показали, что интенсивность сокращения западной части водоема меньше, чем восточной. Выполненные расчеты и анализ данных дистанционного зондирования подтверждают гипотезу существования подземного перетока из восточной части Большого Арала в западную [54].

На следующем этапе исследований в среде ГИС MapInfo 12.5 проводилось комбинирование и последующая интеграция

разновременных спутниковых снимков и тематических векторных слоев (рис. 6) с последующим визуальным дешифрированием задействованных снимков. Главным объектом изучения при этом являлось положение и состояние береговой линия Аральского моря, изменяющиеся при осушении дна ландшафты, а также различные топографические объекты (сливающиеся с сушей острова, расширяющиеся полуострова, исчезающие заливы, реки, населенные пункты и т. п.).

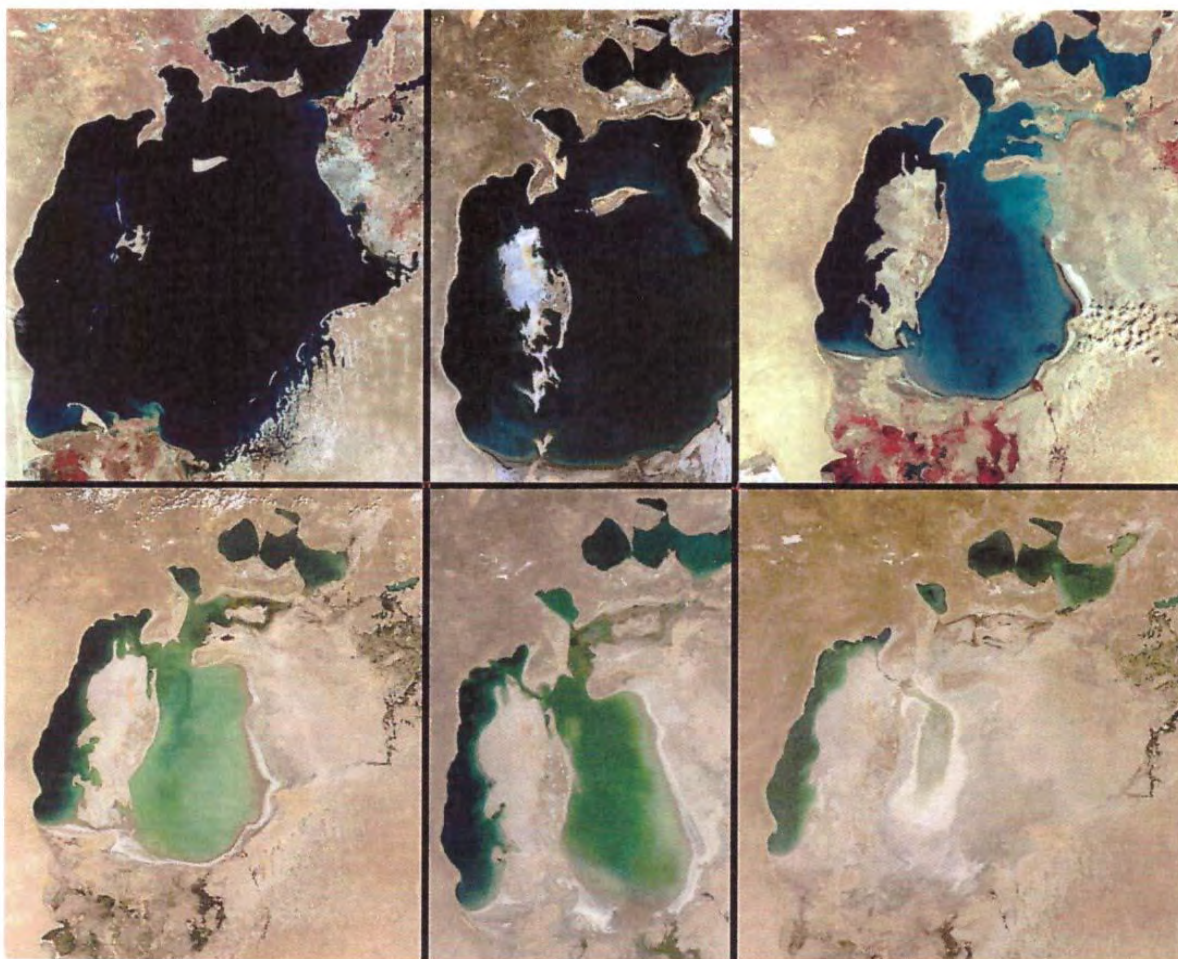
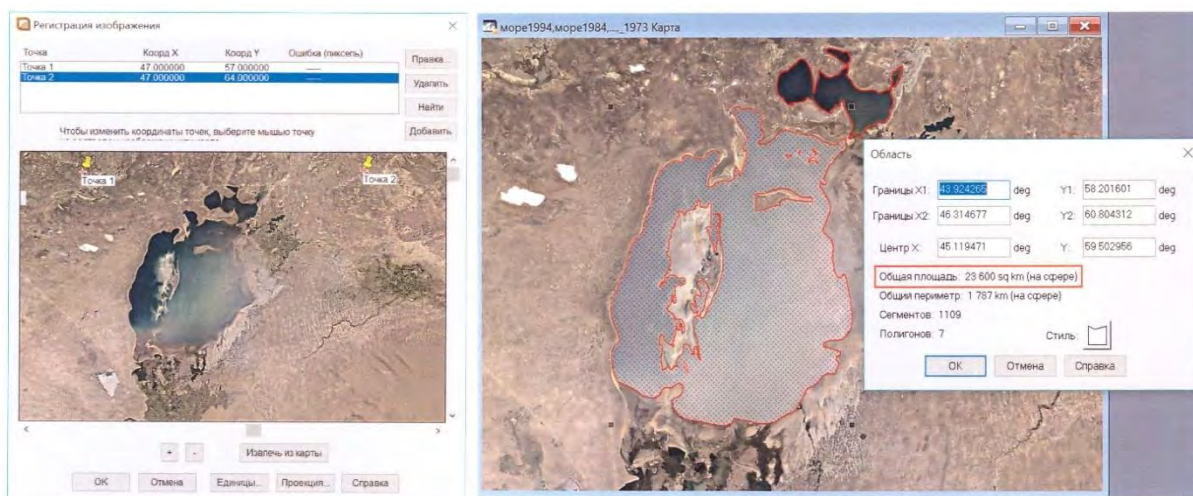


Рис. 4. Серия разновременных (1960-2014 гг.) космических снимков на исследуемую территорию; источник данных [37; 38]

Fig. 4. A series of multi-temporal (1960-2014) satellite images of the studied area; data source [37; 38]



а

б

**Рис. 5. Работа с данными дистанционного зондирования в ГИС MapInfo:
а – привязка спутниковых снимков [25] к географической системе координат;
б – вычисление площади водной поверхности**

Fig. 5. Working with remote sensing data in GIS MapInfo: a is linking satellite images [25] to a geographical coordinate system; b is calculating the area of the water surface

Таким образом, на каждый из исследуемых периодов существования Аральского моря были созданы мониторинговые общегеографические карты, дающие наглядное представление об отдельных временных этапах процесса протекания экологической катастрофы (рис. 7).

Современная программная среда ГИС MapInfo [53] дает возможность создания специализированной региональной ГИС [9; 10; 28; 35; 53; 55], цифровых слоев и атрибутивных таблиц базы данных, с последующим картографированием данных на основе использования различных способов картографического изображения [2; 5; 17; 29; 49]. Таким образом, помимо серии общегеографических карт (рис. 7), была спроектирована и построена карта динамики береговой линии Аральского моря (рис. 8).

Подобные карты, составляемые по картографическим данным, результатам полевых натурных наблюдений, материалам дистанционного зондирования, статистическим сведениям, являются особой разновидностью тематических карт, показывающей движение, развитие какого-либо объекта, процесса или явления во времени, или его перемещение в пространстве [2; 5; 15; 16; 21; 35]. Один из главных принципов проектирования и создания

карт динамики ландшафтной среды и ее отдельных элементов состоит в том, что они формируются на основе данных (включая материалы дистанционного зондирования [5-9; 35]) на определенные временные интервалы и отображают произошедшие изменения с использованием современных программных пакетов ГИС и средств автоматизированной обработки [10; 53; 55]. Их основная содержательная нагрузка представлена участками исследуемой территории, подвергающейся воздействию того или иного характера, результат которого – смена ландшафта. По масштабному ряду, в зависимости от таксономического ранга отображаемых ландшафтов, могут быть разделены на крупномасштабные, среднемасштабные и мелкомасштабные и предназначены для решения вопросов природно-ресурсного мониторинга исследуемой территории [6; 8-12; 35; 53].

Для создания подобных карт используется два и более разновременных цифровых космических снимка. При помощи пространственной обработки в программной среде ГИС появляется возможность накладывать слои космических снимков друг на друга, а также создавать векторные слои исследуемого объекта [6; 8; 9; 34; 47; 55].

Таблица. Динамика параметров Аральского моря за период с 1960 по 2014 г.

Table. Dynamics of the parameters of the Aral Sea for the period from 1960 to 2014

Год Year	Уровень воды, м Water level, m	Объем, км ³ Volume, km ³	Площадь поверхности, км ² Surface area, km ²	Минерализация, ‰ Mineralization, ‰	Объем стока, км ³ /год Runoff volume, km ³ /year
1960	53,40	1083,00	68 900	9,90	63,00
1980	46,40		51 675	18,00	
1984			59 878		
1990	38,24	323,00	36 800	29,00	12,50
1993			36 182		
2001			28 025		
2003	31,00	112,80	18 240	78,00	3,2
2004	30,40	108,30	17 200	91	
2004			18 846		
2005			19 192		
2006			15 479		
2007		75,00	14 183	100,00	
2008			12 712		
2009			7 434		
2010			13 836		
2011			9 275		
2012			8 958		
2013			9 155		
2014			7 297		
2015			8 303		

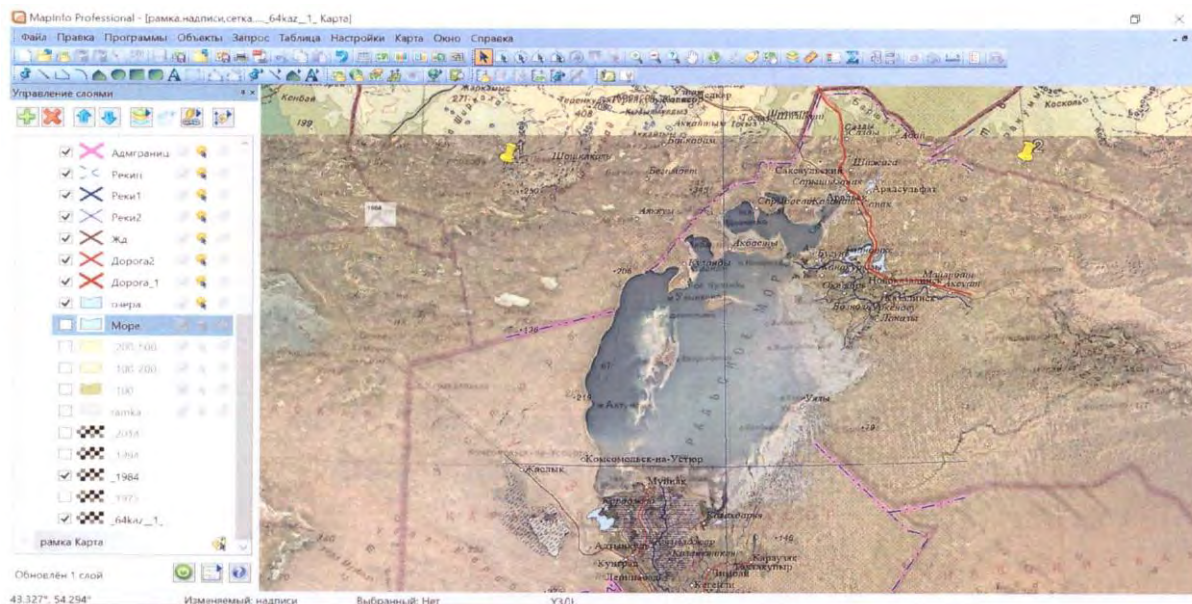


Рис. 6. Комбинирование различных типов данных в программной среде MapInfo
 Fig. 6. Combining different data types in the MapInfo software environment

Полученная карта динамики положения береговой линии составлялась на картографической основе 1960 г., где отображены все топографические объекты на начало исследуемого периода. Динамика границы береговой линии Аральского моря на разные временные срезы визуализирована путем одновременного наложения границ береговых линий за исследуемые десятилетние периоды (рис. 8). Границы разных периодов отображены способом ареалов с использованием различных оттенков синего цвета (от бледно-голубого до синего). В правом нижнем углу изображена легенда, а также приведены сведения о площади поверхности зеркала воды Аральского моря за исследуемые периоды (рис. 8).

Заключение

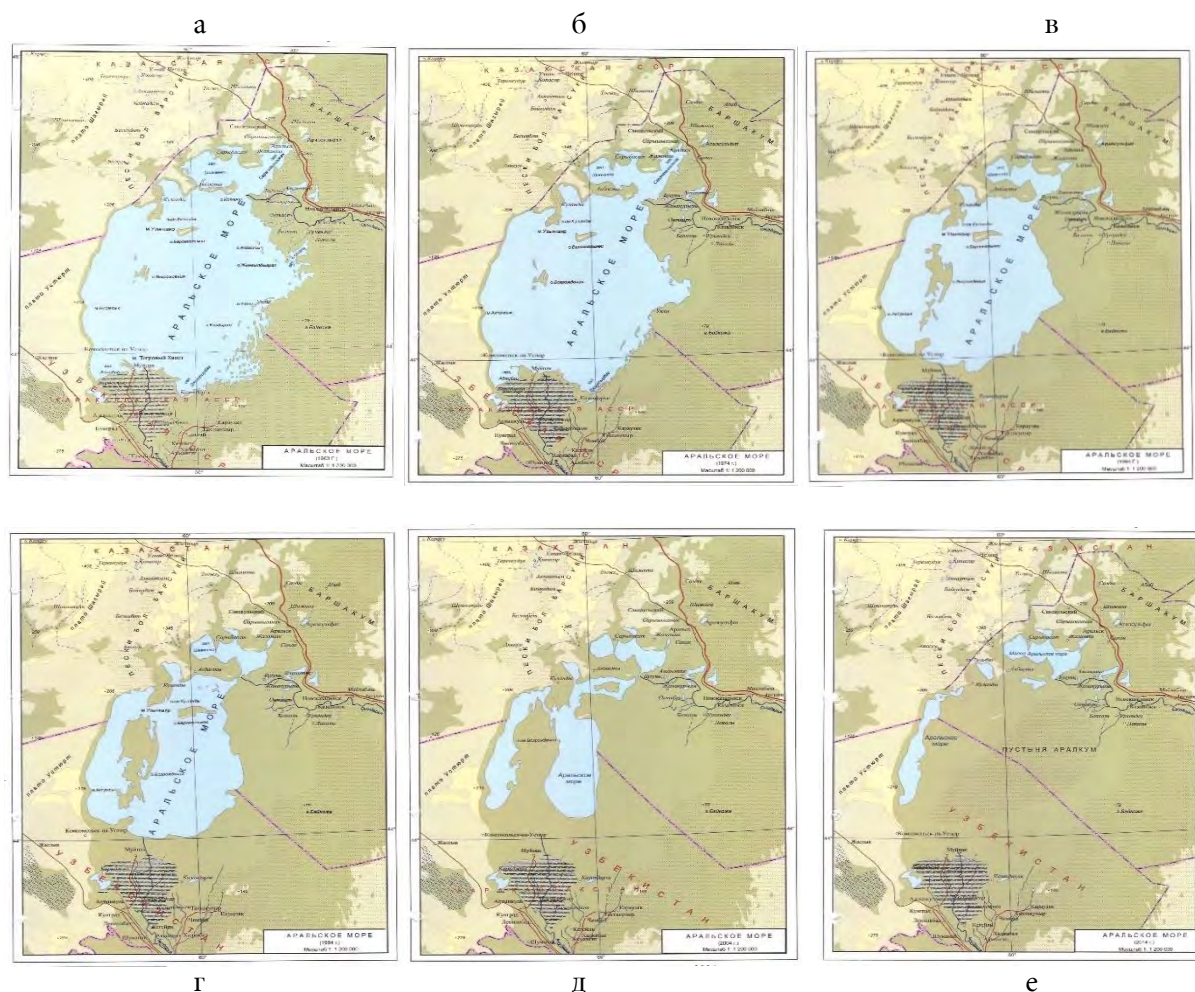
Геоэкологический кризис Аральского моря и Приаралья коренным образом отличается от других крупных экологических катастроф прошлого века скоростью наступления и протекания. Смертельный выброс в атмосферу химических веществ в 1984 г. в индийском Бхопале или крупнейшая ядерная авария 1986 г. в бывшем советском Чернобыле развивались очень быстро. Аральская катастрофа была и остается медленно начавшейся и продолжающейся «ползучей» экологической проблемой, изначально обусловленной непра-

вильными волонтаристскими политическими и экономическими решениями.

Главные следствия антропогенного усыхания Аральского моря (кроме уменьшения объема водной массы и площади поверхности, увеличения минерализации воды и изменения ее гидрохимических характеристик) проявились в образовании на месте осушенного дна огромной соляной пустыни Аралкум площадью почти в 5 млн га [41-44; 46].

В результате бывшее Аральское море, как единый уникальный водоем недавнего прошлого, прекратило свое существование, трансформировавшись в три горько-соленых озера с индивидуальными водно-солевыми балансами, в ландшафтном окружении гигантской соляной и двух песчаных пустынь.

Катастрофа Аральского моря еще раз наглядно продемонстрировала человечеству, насколько губительным может быть для природы любое антропогенное воздействие, и что исправление ошибок – процесс невероятно трудный и крайне затратный по времени и финансовой составляющей. Нужно быть очень осторожными при проведении восстановительных и оптимизационных мероприятий и трезво оценивать всевозможные потенциальные последствия, чтобы не усугубить современное положение дел.



**Рис. 7. Мониторинговые общегеографические карты на акваторию Аральского моря и территорию Приаралья в отдельные годы:
а – 1960; б – 1974; в – 1984; г – 1994; д – 2004; е – 2014**

Fig. 7. Monitoring general geographic maps of the Aral Sea and the territory of the Aral Sea region in some years: a – 1960; б – 1974; в – 1984; д – 1994; д – 2004; е – 2014

С момента возникновения катастрофы эксперты и ученые различных стран и организаций разрабатывали и предлагали самые разные сценарии ее дальнейшего развития и рекомендации, формулировали пути решения и уменьшения негативного развития проблемы Арала [23; 25; 27; 31; 34; 36; 40; 43-47; 56; 57]. Один из таких сценариев был предложен М. И. Львовичем и И. Д. Цигельной [30].

Он предполагал увеличение среднегодового стока р. Амударьи более чем в два раза и его направление не в Большой Арал, а в водохранилище, создаваемое на месте залива Аджибай. Оттуда по бетонированному каналу вода должна была подаваться в Западный Арал, обеспечивая его сохранность и предотвращая дальнейшее осолонение. Восточный Арал по этому плану должен был получать воду из Западного,

через плотину, перекрывающую протоку между ними, а не из Амударьи [30]. Одним из проектов оздоровления экологической обстановки международного уровня предлагалось ограничение развития солевых и песчаных отложений путем создания небольших водоемов, расположенных вдоль границы береговой линии, выступающих буферными зонами и включающими лесозащитные полосы из засухо- и солеустойчивых кустарников [25; 31; 36; 40; 43; 56; 57]. Это способствовало бы регенерации и расширению водно-болотных угодий в дельте р. Амударьи, сохранению биоразнообразия Арала и Приаралья, улучшению условий развития животноводства. В настоящее время уже осуществлено строительство 9 инженерно-регулируемых водоемов с общей площадью водной поверхности более 50 тыс. га. Введены в эксплуата-

цию сооружения дамбы и каналов Джылтырбасского залива, дамбы Междуреченского водохранилища и других водохозяйственных сооружений [40; 42; 43; 45; 46].

Касясь будущего Аральского моря, можно утверждать, что в XXI в. море не исчезнет с лица Земли. Даже при полном прекращении стока Амударьи и Сырдарьи (т. е. до нулевой отметки, что практически

невозможно) в приходной части водного баланса останется грунтовое, дождевое и снеговое питание, а также дренажные воды с орошаемых земель. Для сохранения части Малого Арала и остатка западного бассейна Большого Арала этих объемов будет вполне достаточно.

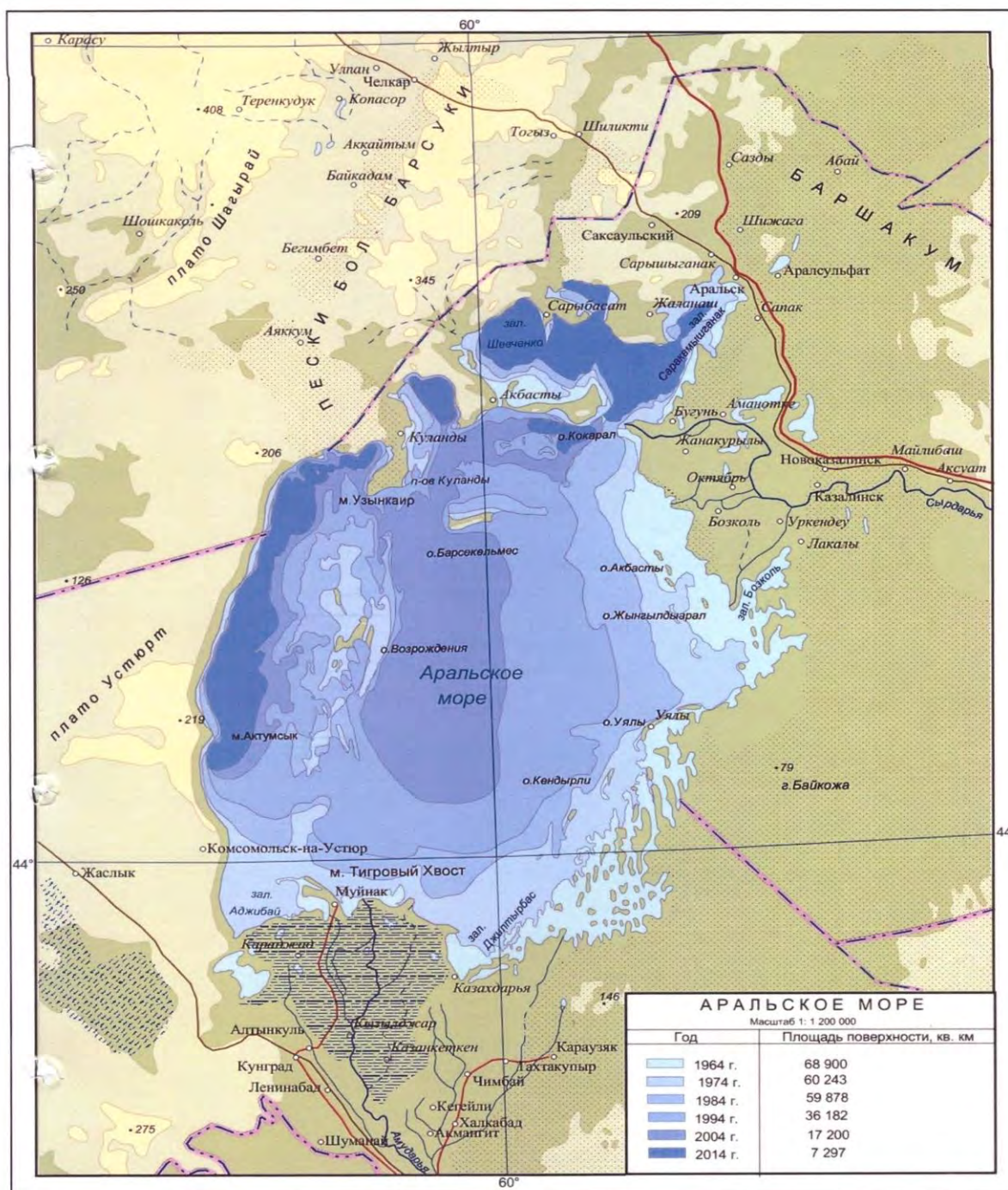


Fig. 9. Динамика границы береговой линии за период с 1960 по 2014 г.
 Fig. 9. Dynamics of the coastline boundary for the period from 1960 to 2014

В ближайшем же будущем возвращение Аральского моря к его границам, гидрологическому, гидрохимическому и геоэкологическому состоянию периода 1960 г. практически невозможно. Некоторые ученые считают, что даже в условиях увеличения объема среднегодового речного стока Сырдарьи и Амударьи до прежних 56 км³ (что в современных условиях нереально), полное восстановление Арала займет не менее 100 лет [31]. Причем вначале, в условиях, когда сток будет значительно превышать чистое испарение (испарение без атмосферных осадков), восстановление будет идти достаточно быстро. Размеры бывшего Аральского моря могут достичь 90 % от его площади в 1960 г. за период около 40 лет. Далее, по мере роста величины акватории и, соответственно, повышения показателя чистого испарения и приближения его к объему речного стока, скорость наполнения станет замедляться и прекратится с установлением равновесия водного баланса [30; 31]. В целом будущее Арала и Приаралья зависит от того, какую водохозяйственную стратегию будут реализовывать все пять государств Центральной Азии и Афганистан, расположенные в бассейне Аральского моря. С учетом же нынешней политической и экономической обстановки только лишь в одном Афганистане оно туманно и крайне проблематично.

Достижение поставленной в рамках данного исследования цели потребовало реализации задач изучения общегеографических и историко-географических сведений об исследуемой территории; проведения анализа и сравнения архивных картографических материалов с выбором исход-

ной общегеографической карты; поиска и дешифрирования разновременных космических снимков с равными временными интервалами; формирования специализированной базы данных в ГИС MapInfo; подготовки карт Аральского моря и Приаралья на заданные периоды времени; изучения системы государственных и общественных мероприятий, направленных на ликвидацию экологической катастрофы и улучшение геоэкологической и социально-экономической ситуации в регионе.

Разработанные и созданные по данным дистанционного зондирования геоинформационно-картографические материалы мониторинга береговой линии Аральского моря помогают определить возможности разработки и внедрения комплекса мероприятий по повышению биоразнообразия флоры и фауны, комплексному геоэкологическому мониторингу и оценке природных экосистем, обеспечению устойчивого развития сельского хозяйства в регионе, технологий сохранения и повышения почвенного плодородия, устойчивости сельскохозяйственных агроценозов, биологизации продуктов растениеводства, эколого-биологического развития агропромышленного комплекса и органического сельского хозяйства.

Полученные карты динамики береговой линии могут быть задействованы для проведения природоохранных мероприятий, процесса экологической экспертизы, независимого контроля, осуществления комплексного геоэкологического мониторинга, а также планового обновления топографической основы различного масштаба ряда.

Список источников

1. Салищев К. А. Картография. М.: Высшая школа, 1982. 272 с.
2. Берлянт А. М. Картография: учебник для вузов. М.: Аспект Пресс, 2002. 336 с.
3. Берлянт А. М., Востокова А. В., Кравцова В. И. и др. Картоведение: учебник для вузов. М.: Аспект Пресс, 2003. 476 с.
4. Жмойдяк Р. А., Атоян Л. В. Картография: курс лекций. Минск, 2006. 192 с.
5. Тесленок С. А. Использование карт: учебное пособие. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2021. 97 с.
6. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. 320 с.
7. Книжников Ю. Ф., Кравцова В. И., Тутубалина О. В. Аэрокосмические методы географических исследований. М.: Академия, 2011. 412 с.

References

1. Salishchev KA. Cartography. Moscow: Vysshaya shkola, 1982:272. (In Russ).
2. Berlyant AM. Cartography: a textbook for universities. Moscow: Aspect Press, 2002:336. (In Russ).
3. Berlyant AM, Vostokova AV, Kravtsova VI, et al. Cartography: a textbook for universities. Moscow: Aspect Press, 2003:476. (In Russ).
4. Zhmoydak RA, Atoyana LV. Cartography: a course of lectures. Minsk, 2006:192. (In Russ).
5. Teslenok SA. Maps using: a textbook. Saransk: Mordov Univ. Publ., 2021:97. (In Russ).
6. Vinogradov BV. Aerospace monitoring of ecosystems. Moscow: Nauka, 1984:320. (In Russ).
7. Knizhnikov YuF, Kravtsova VI, Tutubalina OV. Aerospace methods of geographical research. Moscow: Academy, 2011:412. (In Russ).

8. Арацкова А. Д., Тесленок К. С., Тесленок С. А. Аэрокосмический мониторинг территориальных систем Акмолинского Приишмья // Исследование территориальных систем: теоретические, методические и прикладные аспекты: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием (Киров, 4-6 октября 2012 г.). Киров: Лобань, 2012. С. 510-518.
9. 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, посвященной «Jastar july»: в 5-х т. Т. 5. Петropавловск, 2019. С. 246-252.
10. Тесленок С. А., Тесленок К. С. Мониторинг компонентов природной среды акватории водохранилищ на основе ГИС // Приоритетные направления экологической реабилитации Воронежского водохранилища: материалы Международной научно-практической конференции (Воронеж, 21 ноября 2012 г.). Воронеж: Наука-Юнипресс, 2012. С. 185-194.
11. Тесленок С. А., Манухов В. Ф., Тесленок К. С. Картографическое обеспечение ведения локального мониторинга в МП «Саранскгорводоканал» // ИнтерКарто.ИнтерГИС. 2010. Т. 16. С. 182-195. EDN: TBNPXN
12. Тесленок С. А., Тесленок К. С., Манухов В. Ф. Использование алгебры карт при ведении локального мониторинга подземных вод в МП «Саранскгорводоканал» // ИнтерКарто.ИнтерГИС. 2012. Т. 18. С. 93-97. EDN: TFUHL
13. Учебный атлас мира. М.: ГУГК, 1974. 186 с.
14. Географический атлас для учителей средней школы. М.: ГУГК, 1982. 198 с.
15. Заруцкая И. П. Карты природы. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1965. 208 с.
16. Божиллина Е. А., Емельянова Л. Г., Котова Т. В. и др. Географическое картографирование: карты природы: учебное пособие. М.: КДУ, 2016. 316 с.
17. 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, 2017. С. 292-297. EDN: ZUWLYR
18. Харитонов А. М. О проблеме авторской принадлежности карт «Географии» Птолемея // Природное и культурное наследие: междисциплинарные исследования, сохранение и развитие: коллективная монография по материалам VI Международной научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 25-26 октября 2017 г.). Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2017. С. 10-15. EDN: ZUWLYR
8. Aratskova AD, Teslenok KS, Teslenok SA. Aerospace monitoring for territorial systems of Akmola Priishimye. *Research of Territorial Systems: Theoretical, Methodological and Applied Aspects: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with International Participation (Kirov, 4- October 6, 2012)*. Kirov: Loban, 2012:510-518. (In Russ).
9. Yurtaev AA, Teslenok KS. Possibilities of geographic information systems and remote sensing of the Earth in research and monitoring of the natural environment and ensuring environmental safety. *Youth and Science – 2019: Proceedings of the 6th International Student Scientific and Practical Conference, Dedicated to “Jastar july”: in 5 vols. Vol. 5*. Petropavlovsk, 2019:246-252. (In Russ).
10. Teslenok SA, Teslenok KS. Monitoring of natural environment components in the reservoir water areas based on GIS. *Priority directions for environmental rehabilitation of the Voronezh reservoir: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Voronezh, November 21, 2012)*. Voronezh: Nauka-Unipress, 2012:185-194. (In Russ).
11. Teslenok SA, Manukhov VF, Teslenok KS. Cartographic support for local monitoring in the Saranskgorvodokanal municipal enterprise. *InterCarto.InterGIS*. 2010;16:182-195. (In Russ). EDN: TBNPXN
12. Teslenok SA, Teslenok KS, Manukhov VF. Using algebra maps by authority of the local groundwater monitoring in municipal enterprise of city district Saransk "Saransk Watersewage Facilities" (MP "Saranskgorvodokanal"). *Inter Carto.InterGIS*. 2012;18:93-97. (In Russ). EDN: TFUHL
13. Educational atlas of the world. Moscow: GUGK, 1974:186. (In Russ).
14. Geographical atlas for secondary school teachers. Moscow: GUGK, 1982:198. (In Russ).
15. Zarutskaya IP. Maps of nature. Irkutsk: East Siberian book Publ., 1965:208. (In Russ).
16. Bozhilina EA, Emelyanova LG, Kotova TV, et al. Geographic mapping: nature maps: a textbook. Moscow: KDU, 2016:316. (In Russ).
17. Kalashnikova LG, Teslenok KS, Teslenok SA. Mapping the adverse consequences of interaction between humans and the natural environment. *Humanitarian Knowledge and Spiritual Security: Collection of the 4th International Scientific and Practical Conference materials*. Grozny, 2017:292-297. (In Russ). EDN: ZUWLYR
18. Kharitonov AM. On the issue of Ptolemy's "Geography" maps authorship. *Natural and Cultural Heritage: Interdisciplinary Research, Preservation and Development: A Collective Monograph Based on the Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference (St. Petersburg, October 25-26, 2017)*. St. Petersburg: Herzen University, 2017:277-280. (In Russ). EDN: ZUWLYR
19. Teslenok SA, Kadyrov BM. Features of internal waters of Turkmenistan, which must be

26 октября 2017 г.). СПб: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2017. С. 277-280. EDN: ZWVJHP

19. Тесленок С. А., Кадыров Б. М. Изучение специфики внутренних вод Туркменистана в школьном курсе физической географии // Актуальные проблемы естественно-технологического образования: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «56-е Евсевьевские чтения» (Саранск, 19-20 марта 2020 г.). Саранск, 2020. С. 101-107. EDN: SERRKU

20. Билич Ю. С., Васмут А. С. Проектирование и составление карт: учебник для вузов. М.: Недра, 1984. 364 с.

21. Божилина Е. А., Сваткова Т. Г., Чистов С. В. Эколого-географическое картографирование: учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1999. 84 с.

22. Серапинас Б. Б. Математическая картография: учебник для вузов. М.: Академия, 2005. 336 с.

23. Аладин Н. В., Плотников И. С. Изменения уровня Аральского моря: палеолимнологические и археологические доказательства // Труды Зоологического института РАН. Биологические и природоведческие проблемы Аральского моря и Приаралья. СПб. 1995. Т. 262, ч. 1. С. 17-46.

24. Plotnikov IS, Aladin NV. The New Aquatic Biology of the Aral Sea. *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great Lake*. Heidelberg, 2014:137-169. DOI:10.1007/978-3-642-02356-9_6. EDN: XMFSOC

25. Аладин Н. В., Ермаханов З. К., Миклин Ф., Плотников И. С. Каким может быть будущее Аральского моря? // Природа. 2017. № 9(1225). С. 26-39. EDN: ZFWZDJ

26. Аральское море. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР / ред. В. И. Бортник, С. П. Чистяева. Л.: Гидрометеоздат, 1990. Т. 7. 196 с.

27. Аральское море и Приаралье. Обобщение работ НИЦ МКВК по мониторингу состояния и анализу ситуации / ред. В. А. Духовный и др. Ташкент: Baktria press, 2017. 120 с.

28. Куликова В. В., Курбанов Р. Н., Сучилин А. А. ГИС динамики берегов п-ова Челекен в условиях колебания уровня Каспийского моря за последние 150 лет // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2011. Т. 17. С. 114-119.

29. Курбанов Р.Н. Морфология и история развития юго-восточного побережья Каспийского моря в позднем плейстоцене и голоцене: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2014. 28 с.

30. Львович М. И., Цигельная И. Д. Управление водным балансом Аральского моря // Известия АН СССР. Серия географическая. 1978. № 1. С. 42-54.

31. Micklin P. The future Aral Sea: hope and despair. *Environmental Earth Science*. 2016;75(9):1-15. DOI 10.1007/s12665-016-5614-5

32. Атлас беспозвоночных Аральского моря / ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовская. М.: Пищевая промышленность, 1974. 274 с.

taken into account in the school course of physical geography. *Current Issues of Natural Technology Education: Collection of Scientific Papers Based on the Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "56th Evseyevsky Readings"* (Saransk, March 19-20, 2020). Saransk, 2020:101-107. (In Russ). EDN: SERRKU

20. Bilich YuS, Vasmut AS. Design and compilation of maps: a textbook for universities. Moscow: Nedra, 1984:364. (In Russ).

21. Bozhilina EA, Svatkova TG, Chistov SV. Ecological and geographical mapping: a textbook. Moscow: Moscow State University, 1999:84. (In Russ).

22. Serapinas BB. Mathematical cartography: a textbook for universities. Moscow: Academy, 2005:336. (In Russ).

23. Aladin NV, Plotnikov IS. Changes in the level of the Aral Sea: paleolimnological and archaeological evidence. *Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. Biological and Natural History Issues of the Aral Sea and the Aral Region*. St. Petersburg, 1995;262(1):17-46. (In Russ).

24. Plotnikov IS, Aladin NV. The New Aquatic Biology of the Aral Sea. *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great Lake*. Heidelberg, 2014:137-169. DOI:10.1007/978-3-642-02356-9_6. EDN: XMFSOC

25. Aladin NV, Ermakhanov ZK, Miklin Ph, Plotnikov IS. What could be the future of the Aral Sea? *Priroda*. 2017(9(1225)):26-39. (In Russ). EDN: ZFWZDJ

26. Bortnik VI, Chistyeva SP (eds.) Aral Sea. *Hydro-meteorology and hydrochemistry of the seas of the USSR*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1990;7:196. (In Russ).

27. Dukhovny VA (ed.) Aral Sea and Aral region. *Generalization of the works of SIC ICWC on condition monitoring and situation analysis*. Tashkent: Baktria press, 2017:120. (In Russ).

28. Kulikova VV, Kurbanov RN, Suchilin AA. GIS of the dynamics of the shores of the Cheleken Peninsula under conditions of the Caspian Sea level fluctuations over the last 150 years. *InterCarto. InterGIS*. 2011;17:114-119. (In Russ).

29. Kurbanov RN. Morphology and history of the development of the Caspian Sea southeastern coast in the Late Pleistocene and Holocene: Ph.D. thesis (Geography). Moscow, 2014:28. (In Russ).

30. Lvovich MI, Tsigelnaya ID. Management of the the Aral Sea water balance. *Proceedings of the USSR Academy of Sciences. Geographical Series*. 1978(1):42-54. (In Russ).

31. Micklin P. The future Aral Sea: hope and despair. *Environmental Earth Science*. 2016;75(9):1-15. (In Russ). DOI 10.1007/s12665-016-5614-5

32. Mordukhai-Boltovskaya FD. Atlas of invertebrates in the Aral Sea. Moscow: Pishchevaya

33. Плотников И. С. Многолетние изменения фауны свободноживущих водных беспозвоночных Аральского моря. СПб.: ЗИН РАН, 2016. 168 с.

34. Сорокин Д. А., Зайтов Ш. Ш. Динамика акватории Аральского моря по данным дистанционного зондирования // ArcReview. URL: <https://arcreview.esri-cis.ru/2015/08/09/dynamics-of-the-aral-sea-water-area/> (дата обращения: 18.08.2023).

35. Тесленок С. А. Агроландшафтогенез в районах интенсивного хозяйственного освоения: Исследование с использованием ГИС-технологий: монография. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2014. 189 с.

36. Научный центр оперативного мониторинга Земли АО «Российские космические системы». URL: <http://www.ntsomz.ru> (дата обращения: 18.08.2023).

37. NASA. Landsat Image Gallery landsat.visibleearth.nasa.gov. URL: <https://landsat.visibleearth.nasa.gov/> (дата обращения: 18.08.2023).

38. Google Планета Земля. URL: <https://support.google.com/earth/?hl=ru#topic=7364880> (дата обращения: 18.08.2023).

39. Варфоломеев А. Ф., Коваленко А. К., Коваленко Е. А., Тесленок К. С., Тесленок С. А. Геоинформационные технологии в определении зон покрытия территории поправками от постоянно действующих станций ГЛОНАСС/GPS. *ИнтерКарто. ИнтерГИС*. 2015. Т. 21. С. 522-528. DOI: 10.24057/2414-9179-2015-1-21-522-528. EDN: ZIDSFZ

40. Программа действий по оказанию помощи бассейна Аральского моря на период 2011-2015 годы (ПБАМ-3). Алматы, 2012. 224 с. URL: <https://goo.su/IRHOElx> (дата обращения: 18.11.2023).

41. Общие сведения // Исполнительная Дирекция Международного фонда спасения Арала в Республике Казахстан. URL: <http://kazaral.org/aralskoe-more/obshhie-svedeniya/> (дата обращения: 18.08.2023).

42. Программы бассейна Аральского моря // Исполнительная Дирекция Международного фонда спасения Арала в Республике Казахстан. URL: <https://kazaral.org/mfsa/pbam/> (дата обращения: 18.08.2023).

43. Программа бассейна Аральского моря – Прошлое и взгляд в будущее // Исполнительная Дирекция Международного фонда спасения Арала в Республике Казахстан. URL: <https://kazaral.org/programma-bassejna-aralskogomorya-proshloe-i-vzglyad-v-budushhee/> (дата обращения: 18.08.2023).

44. Как менялась площадь Аральского моря // Исполнительная Дирекция Международного фонда спасения Арала в Республике Казахстан. URL: <http://kazaral.org/> (дата обращения: 18.08.2023).

45. Проект «Регулирование русла реки Сырдарья и северной части Аральского моря»

promyshlennost, 1974:274. (In Russ).

33. Plotnikov IS. Long-term changes in the fauna of free-living aquatic invertebrates of the Aral Sea. St. Petersburg: ZIN RAS, 2016:168. (In Russ).

34. Sorokin DA, Zaitov ShSh. Dynamics of the Aral Sea water area according to remote sensing data. *ArcReview*. URL: <https://arcreview.esri-cis.ru/2015/08/09/dynamics-of-the-aral-sea-water-area/> (accessed 18.08.2023). (In Russ).

35. Teslenok SA. Agrolandscape genesis in areas of intensive economic development: Research using GIS technologies: monograph. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2014:189. (In Russ).

36. Scientific Center for Operational Earth Monitoring of JSC Russian Space Systems. URL: <http://www.ntsomz.ru> (accessed 18.08.2023). (In Russ).

37. NASA. Landsat Image Gallery landsat.visibleearth.nasa.gov. URL: <https://landsat.visibleearth.nasa.gov/> (accessed 18.08.2023).

38. Google Earth. URL: <https://support.google.com/earth/?hl=ru#topic=7364880> (accessed 18.08.2023).

39. Varfolomeev AF, Kovalenko AK, Kovalenko EA, Teslenok KS, et al. Gis technology in the determination of cover zones of the territory amendments from permanent GLONASS/GPS stations. *InterCarto. InterGIS*. 2015;21:522-528. (In Russ). DOI: 10.24057/2414-9179-2015-1-21-522-528. EDN: ZIDSFZ

40. Action Program for Assistance to the Aral Sea Basin for the period 2011-2015 (ASBP-3). Almaty, 2012:224. URL: <https://goo.su/IRHOElx> (accessed 18.11.2023). (In Russ).

41. General information. Executive Directorate of the International Fund for Saving the Aral Sea in the Republic of Kazakhstan. URL: <http://kazaral.org/aralskoe-more/obshhie-svedeniya/> (accessed 18.08.2023). (In Russ).

42. Aral Sea basin programs. Executive Directorate of the International Fund for Saving the Aral Sea in the Republic of Kazakhstan. URL: <https://kazaral.org/mfsa/pbam/> (accessed 18.08.2023). (In Russ).

43. Aral Sea Basin Program – Past and Look to the Future. Executive Directorate of the International Fund for Saving the Aral Sea in the Republic of Kazakhstan. URL: <https://kazaral.org/programma-bassejna-aralskogomorya-proshloe-i-vzglyad-v-budushhee/> (accessed 18.08.2023). (In Russ).

44. How the area of the Aral Sea has changed. Executive Directorate of the International Fund for Saving the Aral Sea in the Republic of Kazakhstan. URL: <http://kazaral.org/> (accessed 18.08.2023). (In Russ).

45. Project “Regulation of the bed of the Syrdarya River and the northern part of the Aral Sea” RRSSAM. Almaty, 2017:35. URL: <http://cawater-info.net/syrdarya-knowledge->

PPCCAM. Алматы, 2017. 35 с. URL: <http://cawater-info.net/syrdarya-knowledge-base/pdf/rssam1.pdf> (дата обращения: 18.08.2023).

46. Исполнительный комитет Международного фонда спасения Арала. URL: <https://ecifas-tj.org/> (дата обращения: 18.08.2023).

47. Интерактивная карта «Эволюция Аральского моря» // Фонд защиты генофонда Приаралья. URL: <https://web.archive.org/web/20070320032629/http://www.aralgenofond.org/rus/aral-evaluation/> (дата обращения: 18.08.2023).

48. Боков В. А., Горбунов Р. В., Черванёв И. Г. Экологическое картографирование. Симферополь: «АРИАЛ», 2016. 238 с.

49. Тесленок С. А., Буцацкая Н. В. Экологические карты: учебно-методический комплекс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2020. 159 с. URL: <https://catalog.inforeg.ru/inet/GetEzineByID/330012?ysclid=ipea92x4kq274159742> (дата обращения: 18.08.2023).

50. Рахно К. Ю. Арабo-Персидские известия о славянах и русах и проблема возникновения казачества // Исторический формат. 2022. № 1(29). С. 24-59.

51. Инструментарий для MapInfo. Gold Tools for MapInfo. Руководство пользователя. URL: <https://www.map-info.ru/download/gtoolkit.pdf?ysclid=lpf09u9w8a246559688> (дата обращения: 18.08.2023).

52. Natural Earth Data. Free vector and raster map data at 1:10m, 1:50m, and 1:110m scales. URL: <https://www.naturalearthdata.com> (дата обращения: 18.08.2023).

54. Тесленок К. С., Тесленок С. А. Геоинформационные технологии в управлении природными ресурсами // Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук. 2016. Т. 10. № 4. С. 107-112. EDN: VZITF

53. Jarsjö J, Destouni G. Groundwater discharge into the Aral Sea after 1960. *Journal of Marine Systems*. 2004;47(1-4):109-120. URL: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2003.12.013>

55. Лютяева А. А., Илюшкин А. В., Тесленок С. А. Использование ГИС в экологических исследованиях // ГИС-технологии в науках о Земле: материалы республиканского научно-практического семинара студентов и молодых ученых (Минск, 16 ноября 2022 г.). Минск: БГУ, 2022. С. 18-21.

56. Экопроблемы // Экологический портал. URL: <https://ecoportal.info/category/ecoproblem/> (дата обращения 18.11.2023).

57. Всероссийский экологический портал. ECOportal Вся экология. URL: ecoportal.su (дата обращения: 18.08.2023).

<base/pdf/rssam1.pdf> (accessed 18.08.2023). (In Russ).

46. Executive Committee of the International Fund for Saving the Aral Sea. URL: <https://ecifas-tj.org/> (accessed 18.08.2023). (In Russ).

47. Interactive map "Evolution of the Aral Sea". Fund for the Protection of the Aral Sea Region Gene Pool. URL: <https://web.archive.org/web/20070320032629/http://www.aralgenofond.org/rus/aral-evaluation/> (accessed 18.08.2023). (In Russ).

48. Bokov VA, Gorbunov RV, Chervanev IG. Ecological mapping. Simferopol: ARIAL, 2016:238. (In Russ).

49. Teslenok SA, Buchatskaya NV. Ecological maps: educational and methodological complex. Saransk: Mordov Univ., 2020:159. URL: <https://catalog.inforeg.ru/inet/GetEzineByID/330012?ysclid=ipea92x4kq274159742> (accessed 18.08.2023). (In Russ).

50. Rakhno KYu. Arab-Persian news about the Slavs and Rus and the issue of the Cossacks emergence. *Historical format*. 2022(1(29)):24-59. (In Russ).

51. Toolkit for MapInfo. Gold Tools for MapInfo. User guide. URL: <https://www.map-info.ru/download/gtoolkit.pdf?ysclid=lpf09u9w8a246559688> (accessed 18.08.2023). (In Russ).

52. Natural Earth Data. Free vector and raster map data at 1:10m, 1:50m, and 1:110m scales. URL: <https://www.naturalearthdata.com> (accessed 18.08.2023).

54. Teslenok KS, Teslenok SA. Geoinformation technologies in natural resource management. *Current issues of the humanities and socio-economic sciences*. 2016;10(4):107-112. EDN: VZITF (In Russ).

53. Jarsjö J, Destouni G. Groundwater discharge into the Aral Sea after 1960. *Journal of Marine Systems*. 2004;47(1-4):109-120. URL: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2003.12.013>

55. Lyurtyaeva AA, Ilyushkin AV, Teslenok SA. GIS using in environmental research. GIS Technologies in Earth Science: Proceedings of the Republican Scientific and Practical Seminar of Students and Young Scientists (Minsk, November 16, 2022 G.). Minsk: BSU, 2022:18-21. (In Russ).

56. Eco-issues. Ecological portal. URL: <https://ecoportal.info/category/ecoproblem/> (accessed 18.11.2023). (In Russ).

57. All-Russian environmental portal. All ecology ECOportal. URL: ecoportal.su (accessed 18.08.2023). (In Russ).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Тесленок Сергей Адамович, кандидат географических наук, доцент Высшей экологической школы, Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия; доцент

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

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

кафедры геодезии, картографии и геоинформатики, институт геоинформационных технологий и географии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, teslserg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6691-3724>

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

Муштайкин Антон Павлович, аспирант, институт геоинформационных технологий и географии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, anton169@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3547-1251>

Критерии авторства

Тесленок С. А. – постановка цели и задач исследования, разработка методологии, разработка концепции и структуры статьи, редакторская правка; Калашникова Л. Г. – постановка цели и задач исследования, разработка методологии, сбор, анализ и систематизация аналитической информации, подготовка данных дистанционного зондирования; оформление рукописи и библиографии; Муштайкин А. П. – подготовка данных дистанционного зондирования; подготовка геоинформационно-картографических материалов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.09.2023
Одобрена после рецензирования 12.09.2023
Принята к публикации 20.09.2023

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

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

Anton P. Mushtaikin, Ph.D.student, Institute of Geoinformation Technologies and Geography, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, anton169@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3547-1251>

Contribution of the authors

Teslenok S. A. – setting aims and objectives of the study, development of methodology, development the article concept and structure, editorial editing; Kalashnikova L. G. – setting aims and objectives of the study, development of methodology, collection, analysis and systematization of analytical information, preparation of remote sensing data, design of the manuscript and bibliography; Mushtaikin A. P. – preparation of remote sensing data, preparation of geoinformation and cartographic materials.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 01.09.2023
Approved after reviewing 12.09.2023
Accepted for publication 20.09.2023

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 528.94; 911.2
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-106-120
EDN: UIVYYO

Разработка картографической визуализации изменений атмосферных осадков в бассейне реки Оки

© 2023 Титов А. А., Биктимирова Н. М., Братков В. В. ✉

Московский государственный университет геодезии и картографии
Москва, Россия, altitks@yandex.ru; biktimirovanm@mail.ru; vbratkov@mail.ru ✉

РЕЗЮМЕ. Цель. Выявление, картографирование и визуализация сведений об изменении атмосферных осадков в бассейне р. Оки за 1961-2020 гг. При картографировании этих изменений авторы опираются на данные низкого пространственного разрешения, имеющиеся в открытом доступе. Их верификация осуществлялась путем сравнения с данными наземных наблюдений. Выявленные изменения картографировались, при этом для наглядности изменений авторы предлагают инфографику. **Методы.** Основными методами являются статистический, геоинформационный (картографический), а также сравнительно-географический. Они позволили не только выявить общие тенденции изменения атмосферных осадков по территории бассейна р. Оки, но и оценить региональные и локальные аспекты этого процесса путем применения инфографики. **Результаты.** На основе статистических методов выявлены основные тренды изменения атмосферных осадков на изучаемой территории. При сравнении данных, полученных на основе наземных наблюдений, с данными низкого пространственного разрешения выявлено, что точность последних в целом позволяет использовать их для создания традиционных карт изолиний. Дополнительная визуализация выявленных климатических изменений осуществлялась с использованием инфографики, которая позволила детализировать данные, объясняющие некоторые детали климатических изменений на созданных тематических картах. **Выводы.** Для территории бассейна р. Оки за 1961-2020 гг. выявлены тенденции изменения атмосферных осадков: отмечаются периоды общего повышения и понижения годового количества осадков по всей территории бассейна; в последние годы сократилась частота и амплитуда колебаний количества осадков, особенно в западной и южной части бассейна, при этом незначительное повышение наблюдается на севере и западе бассейна; в целом годовое количество осадков на большей части территории бассейна возросло. Таким образом, применение различных картографических визуализаций (в данном случае – инфографики) позволяет повысить возможности восприятия информации, традиционно представляемой в статистической форме, а также отразить пространственные особенности распределения осадков.

Ключевые слова: изменения климата, температура воздуха, атмосферные осадки, картографирование осадков, визуализация климатических изменений, бассейн р. Оки.

Благодарность

Работа выполнена в рамках гранта № 05/2021-Р Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество».

Формат цитирования: Титов А. А., Биктимирова Н. М., Братков В. В. Разработка картографической визуализации изменений атмосферных осадков в бассейне реки Оки // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 3. С. 106-120. 10.31161/1995-0675-2023-17-3-106-120. EDN: UIVYYO

Development of Cartographic Visualization for Changes in Atmospheric Precipitation in the Oka River Basin

© 2023 Aleksey A. Titov, Nailya M. Biktimirova, Vitaly V. Bratkov ✉

Moscow State University of Geodesy and Cartography
Moscow, Russia, altitks@yandex.ru; biktimirovanm@mail.ru; vbratkov@mail.ru ✉

ABSTRACT. Aim. Identification, mapping and visualization of information about changes in atmospheric precipitation in the Oka River basin for 1961-2020. To map these changes, the authors rely on low spatial resolution data available in the public domain. Their verification was carried out by comparison with ground-based observation data. The identified changes were mapped, and the authors offer infographics to illustrate the changes. **Methods.** The main methods are statistical, geoinformation (cartographic), and comparative geographical. They made it possible not only to identify general trends in changes in atmospheric precipitation over the territory of the Oka River basin, but also to evaluate the regional and local aspects of this process through the infographics use. **Results.** Based on statistical methods, the main trends in changes in atmospheric precipitation in the study area were identified. When comparing data obtained from ground-based observations with low spatial resolution data, it was revealed that the accuracy of the latter in general makes it possible to use them to create traditional contour maps. Additional visualization of the identified climate changes was carried out using infographics, which made it possible to drill down into the data, explaining some climate change details on the created thematic maps. **Conclusions.** For the territory of the Oka River basin for 1961-2020 trends in changes in atmospheric precipitation have been identified: periods of general increase and decrease in annual precipitation throughout the basin are noted; in recent years, the frequency and amplitude of precipitation fluctuations has decreased, especially in the western and southern parts of the basin, with a slight increase observed in the north and west of the basin; Overall, annual precipitation has increased over much of the basin. Thus, the use of various cartographic visualizations (in this case, infographics) allows us to increase the ability to perceive information traditionally presented in statistical form, as well as reflect the spatial features in precipitation distribution.

Keywords: climate change, air temperature, precipitation, precipitation mapping, visualization of climate change, the Oka River basin.

Acknowledgment

The research was supported financially by Grant No. 05/2021-R of the All-Russian Public Organization "Russian Geographical Society".

For citation: Titov AA, Biktimirova NM, Bratkov VV. Development of Cartographic Visualization for Changes in Atmospheric Precipitation in the Oka River Basin. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2023;17(3): 106-120 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-3-106-120. EDN: UIVYYO

Введение

Атмосферными осадками называют воду в разных агрегатных состояниях, которая выпадает из облаков на земную поверхность (дождь, снег, град). Первостепенное значение для образования атмосферных осадков имеет охлаждение теплого воздуха, приводящее к конденсации содержащегося в нем водяного пара. Количество осадков зависит от влажности, температуры воздуха и ее способности повышаться.

Тема изменения климата является одной из самых обсуждаемых в мире. Под глобальным потеплением подразумевается долгосрочное повышение средней температуры климатической системы Земли. Этот процесс сопровождается постепенным ростом средней годовой температуры поверхностного слоя атмосферы и мирового океана. Глобальное потепление оказывает влияние на экосистемы, изменяет климатические зоны, влияет на здоровье людей, оказывает региональные и глобальные проблемы для стран и народов.

Большинством специалистов отмечается, что скорость изменения климата объясняется антропогенным фактором, т. е. деятельностью человека. Изменение климата оказывает как отрицательное, так и положительное воздействие на жизнедеятельность человека. Очень важно правильно оценить эти воздействия.

Цель исследования: настоящее исследование предполагает разработку методов картографической визуализации изменения осадков по бассейну р. Оки.

Задачи исследования:

- 1) обработка растровых и статистических данных по осадкам на картографируемую территорию;
- 2) выявление изменений осадков на основе обработки и анализа данных ежемесячного глобального мониторинга;
- 3) разработка методов картографической визуализации полученных климатических данных;
- 4) визуализация данных по осадкам, отражающих динамику климатических условий бассейна р. Оки.

Материалы и методы исследования

Теоретические и методические аспекты картографирования климата и его отдельных элементов рассмотрены в ряде источников [1-8].

При выборе источников климатических данных важна их точность, верифицированность и временной охват. Климатические данные могут быть суточными или уже обобщёнными по какому-либо временному промежутку (месяц, год, и т. д.). Как правило, временной охват должен быть не менее 30 лет, а лучше, если он, как минимум, вдвое больше. С учётом этих факторов, для картографирования климатических данных необходимо их обобщение, поскольку картографическое изображение должно получиться наглядным и читаемым.

Ежедневный мониторинг температуры воздуха, осадков, высоты снежного покрова и других показателей ведётся на метеорологических станциях. Такие данные можно найти на сайте Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды meteo.ru [9].

Данные на этом ресурсе представлены в табличном виде и с привязкой к метеостанциям. Для разработки тематического содержания были выбраны данные по 19 метеостанциям, находящимся на территории бассейна, а также на близлежащих территориях (в скобках указан индекс Всемирной метеорологической организации) (рис. 1):

- Еладьма (27648);
- Земетчино (27857);
- Коломна (27625);
- Конь-Колодезь (34026);
- Кострома (27333);
- Краснослободск (27756);
- Можайск (27509);
- Москва, ВДНХ (27612);
- Нижний Новгород (27459);
- Павелец (27853);
- Пенза (27962);
- Переславль-Залесский (27425);
- Поныри (34003);
- Рязань (27730);
- Смоленск (26781);
- Старица (26499);
- Сухиничи (27707);
- Тамбов (27947);
- Трубчевск (26997).

Были выбраны суточные данные по осадкам (в мм). Для анализа суточные данные, полученные с сайта meteo.ru, были обобщены по месяцам в приложении Microsoft Office Excel при помощи формул.



Рис. 1. Схема расположения метеостанций в бассейне Оки

Fig. 1. Weather stations scheme in the Oka River basin

После такой обработки данные приобретают необходимый для анализа вид (рис. 2).

Были построены графики годовых осадков метеостанций Коломна (27625), Можайск (27509) и Москва, ВДНХ (27612) с 1960 по 2020 г. (рис. 3), а также графики их линейной фильтрации (рис. 4).

На данных графиках можно наблюдать отсутствие корреляции между станциями, хотя можно выделить определенные периоды общего повышения и понижения годового количества осадков. Также в последние годы наблюдается уменьшение частоты колебаний значений. В среднем наибольшее количество осадков наблюдается в Москве, наименьшее – в Коломне.

Максимальное число осадков в Коломне наблюдалось в 2012 г., в Можайске в 1998, а в Москве в 2020. Минимум осадков выпал в Коломне в 1969, в Можайске в 2014, в Москве в 1964, то есть и здесь не наблюдается синхронность.

Однако подобный массив данных всё ещё сложен для анализа и, тем более, картографирования. Поэтому годовые данные были обобщены по пятилетиям. Такой формат позволяет компактно, но в то же время наглядно визуализировать полученные данные с учётом динамики климатических условий бассейна Оки.

AD3		=ЕСЛИ(Е3>10;Е3*30;0)+ЕСЛИ(Ф3>10;Ф3*31;0)+ЕСЛИ(Г3>10;Г3*30;0)+ЕСЛИ(Н3>10;Н3*31;0)+ЕСЛИ(И3>10;И3																										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ГОД		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ГОД
2																												
3	1961	-5,5	-2,2	0,7	6,6	16,8	25,3	24,8	21,1	13,5	9,8	-2,7	-6,4	8,6		22,1	37	36	36	35	25	64	74	40	15,9	30,8	38,7	455
4	1962	-3,7	-3,8	-1,0	13,1	19,9	17,4	22,8	18,6	16,0	7,9	2,4	-5,6	8,7		29,3	16	49	21	79	96	75	101	32	39,7	34	49,3	621
5	1963	-15,2	-6,9	-6,7	7,7	21,9	19,1	22,8	22,1	19,4	7,7	0,5	-8,5	7,0		33,6	41	26	15	9,1	61	69	57	37	47,1	46	22,1	463
6	1964	-6,6	-7,5	-3,3	6,7	16,3	22,4	25,2	21,3	16,4	8,6	-1,0	-2,6	8,0		23,2	26	10	12	66	28	72	42	40	9,8	34,3	56	418
7	1965	-9,2	-9,0	-0,8	6,5	14,4	21,5	22,2	19,7	17,5	5,9	-3,8	-1,0	7,1		38,8	19	11	13	138	41	69	91	27	32,2	58,9	73,5	612
8	1966	-7,5	-8,3	1,7	12,9	20,7	22,1	24,9	24,3	13,4	7,3	-0,1	-12,1	8,4		52	62	56	19	16	37	54	49	61	40	65	50	561
9	1967	-12,6	-8,3	1,3	11,6	21,8	21,3	23,0	24,6	14,8	10,9	1,9	-7,4	8,7		54	8	16	41	24	42	44	24	38	62	42	53	448
10	1968	-13,6	-6,6	0,9	9,3	18,1	23,0	20,4	22,1	15,3	4,6	-1,1	-7,2	7,1		35	51	23	32	33	61	137	56	54	47	36	38	603
11	1969	-15,6	-11,2	-3,8	10,6	13,4	18,8	22,3	21,6	15,7	5,6	1,0	-9,1	5,8		7	8	11	35	49	109	51	45	45	86	83	29	557
12	1970	-10,6	-1,7	-0,1	10,8	16,5	21,3	24,6	21,4	15,4	7,3	-1,7	-8,0	8,0		81	19	31	38	81	58	91	41	28	99	61	22	651
13	1971	-2,2	-8,4	-2,2	7,5	16,9	21,7	24,6	21,8	16,5	3,8	1,8	-5,4	8,1		54	22	14	43	43	29	88	46	38	126	94	36	632
14	1972	-13,3	-5,9	-0,3	10,4	18,5	23,1	28,0	29,0	14,5	7,8	-0,6	-0,9	9,2		7	21	34	61	30	46	21	3	83	56	56	41	459
15	1973	-9,9	-3,4	1,4	14,1	18,7	24,2	21,7	21,4	10,9	5,2	-0,9	-4,3	8,3		22	77	24	42	42	12	41	67	74	118	64	60	643
16	1974	-10,6	-1,7	1,2	6,5	15,3	21,6	24,8	20,5	18,8	12,3	1,2	-3,7	8,9		22	35	30	86	107	91	55	100	8	46	48	64	692
17	1975	-3,6	-6,5	2,9	15,4	21,4	23,8	24,7	19,9	18,8	6,0	-1,7	-3,4	9,9		47	35	27	28	64	23	54	73	21	30	29	48	478
18	1976	-10,0	-11,0	-2,2	10,5	15,3	19,9	20,7	19,3	14,0	1,5	-1,7	-4,3	6,0		44	21	14	34	83	70	38	160	66	32	53	36	651
19	1977	-10,8	-6,6	0,9	12,0	20,8	23,1	23,7	21,1	13,8	3,1	2,4	-7,1	8,1		20	44	28	23	38	112	150	51	54	156	72	52	798
20	1978	-5,1	-6,4	2,4	9,4	15,1	18,8	21,3	20,5	13,3	5,6	1,4	-13,1	7,0		23	39	48	5	85	92	124	119	72	65	68	39	775
21	1979	-9,4	-6,5	1,6	4,2	23,3	20,1	23,1	22,9	15,0	5,4	-0,8	-3,8	8,0		67	36	29	59	8	53	82	13	142	63	75	93	718
22	1980	-9,2	-5,5	-3,2	9,7	15,1	22,9	21,7	17,8	14,1	7,8	-1,1	-2,2	7,4		33	36	12	47	77	50	86	135	86	27	80	68	736
23	1981	-4,0	-3,8	-1,8	5,7	18,4	25,0	28,2	24,9	14,5	11,4	-0,4	-2,6	9,7		43	62	39	26	42	37	29	38	60	28	54	71	529
24	1982	-8,5	-6,8	0,5	8,6	16,5	18,0	23,5	21,5	16,9	5,5	2,3	-0,4	8,2		62	11	13	45	68	144	51	63	75	56	66	47	701
25	1983	-3,4	-4,3	-0,7	14,8	18,7	19,1	23,8	20,6	16,1	7,6	0,0	-2,2	9,3		63	52	23	34	50	103	70	31	15	74	68	36	618
26	1984	-3,8	-8,1	0,5	10,3	22,5	23,0	24,0	19,7	16,7	7,1	-2,2	-8,8	8,5		48	0	17	33	13	60	162	72	86	107	29	49	676
27	1985	-6,3	-10,6	-0,2	8,0	17,7	19,0	21,7	24,6	14,3	6,9	-1,3	-4,9	7,5		66	43	9	44	48	87	40	27	66	43	80	65	616
28	1986	-5,9	-10,3	2,2	12,8	17,7	23,2	22,0	21,0	12,3	5,9	-0,8	-6,7	7,9		44	28	17	63	20	44	42	94	96	34	39	42	562
29	1987	-17,1	-3,8	-1,6	5,5	19,8	24,5	21,6	19,8	12,1	6,1	-4,3	-5,9	6,4		18	23	12	54	69	62	99	79	75	2	35	50	578
30	1988	-7,8	-5,5	0,8	10,8	19,4	24,7	27,6	22,3	14,4	8,1	-3,8	-6,5	8,8		27	32	36	30	37	108	24	55	78	43	42	69	580
31	1989	-2,8	-1,0	2,4	10,8	18,0	26,1	24,6	21,2	16,3	7,4	-0,9	-3,7	9,9		42	38	54	22	60	73	206	92	17	101	56	71	829
32	1990	-6,3	0,1	3,5	12,3	15,2	19,1	23,2	20,2	12,6	6,5	0,2	-3,3	8,7		51	40	65	40	83	65	81	77	85	62	60	14	722
33	1991	-5,7	-5,3	0,1	12,4	20,3	25,4	23,2	20,1	14,5	10,1	0,6	-4,7	9,3		40	34	24	20	35	61	91	93	68	92	29	59	644
34	1992	-4,7	-5,7	3,1	10,2	16,7	22,0	23,0	22,5	18,3	4,8	-1,3	-3,6	8,8		60	31	42	61	29	47	37	59	29	146	91	22	654
35	1993	-4,2	-4,2	-0,6	10,0	20,0	19,3	23,1	19,9	10,2	7,4	-7,2	-3,7	7,6		45	24	33	36	14	71	96	23	86	76	17	90	612
36	1994	-3,1	-10,7	-1,2	10,2	15,8	19,7	20,6	19,4	18,6	8,8	-1,8	-6,8	7,6		81	17	87	16	93	109	108	87	43	47	84	36	809
37	1995	-5,0	-0,4	2,9	14,6	20,7	25,2	23,4	21,4	18,0	9,1	-1,4	-7,4	10,1		58	58	30	40	57	81	78	34	26	51	90	42	644
38	1996	-9,0	-7,2	0,4	8,7	21,7	23,2	24,2	21,9	13,9	7,7	3,5	-6,3	8,6		12	27	5	21	35	81	112	48	51	8	51	29	478
39	1997	-9,2	-4,3	0,6	9,5	16,7	23,9	24,2	22,0	13,3	6,3	-1,2	-7,1	8,0		46	50	36	44	47	91	39	50	101	94	53	29	680
40	1998	-6,1	-6,9	2,3	6,0	20,2	26,4	24,8	20,6	14,7	7,7	-5,8	-3,7	8,4		21	40	45	70	50	46	95	160	60	71	39	82	780
41	1999	-4,2	-3,9	1,3	13,9	13,4	26,0	26,7	20,4	15,1	10,1	-4,8	-1,6	9,4		71	59	18	10	56	38	38	185	33	18	30	49	605
42	2000	-5,3	-1,5	1,8	15,0	14,4	22,1	25,9	21,3	14,4	8,2	0,2	-4,1	9,4		48	39	37	35	36	89	115	88	56	24	28	76	669
43	2001	-3,1	-4,3	0,8	14,7	17,7	21,6	27,2	21,3	17,5	6,1	0,9	-9,4	9,3		62	81	60	37	42	149	23	55	25	124	71	47	776

Рис. 2. Статистические данные температуры и осадков, обобщённые по месяцам
 Fig. 2. Temperature and precipitation statistics summarized by month

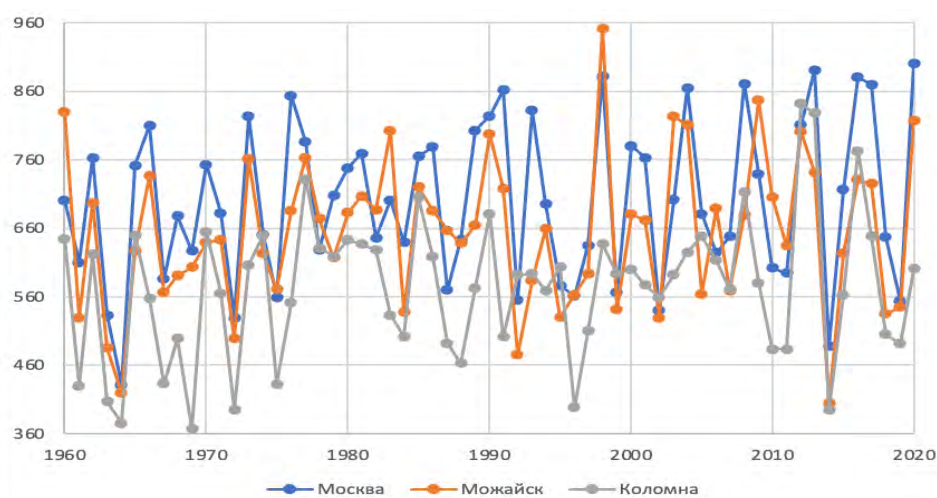


Рис. 3. Годовые осадки с 1960 по 2020 г.
 Fig. 3. Annual precipitation from 1960 to 2020

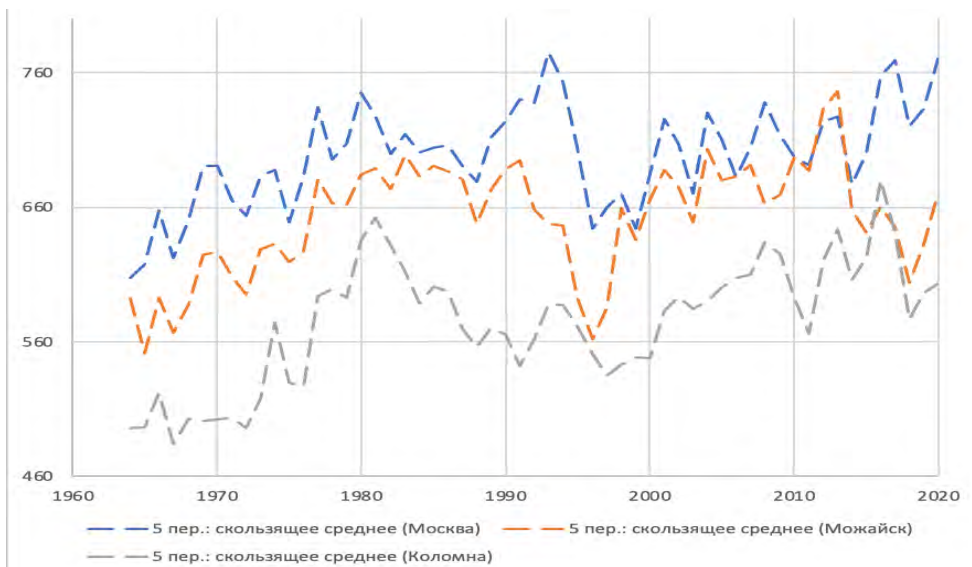


Рис. 4. Скользящее среднее годовых осадков с 1960 по 2020 г.
 Fig. 4. Annual precipitation moving average from 1960 to 2020

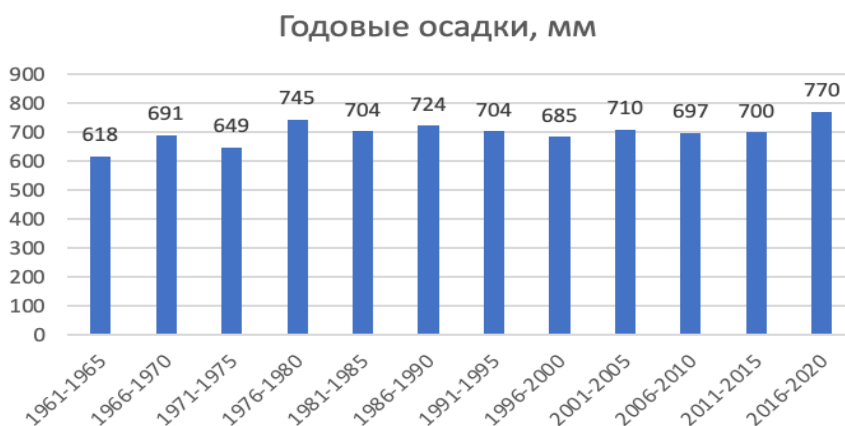


Рис. 5. Обобщённые по пятилетиям данные по осадкам, измеренным на метеостанции «Москва, ВДНХ»
 Fig. 5. Precipitation data summarized by five years at «Moscow, VDNKh» Weather Station

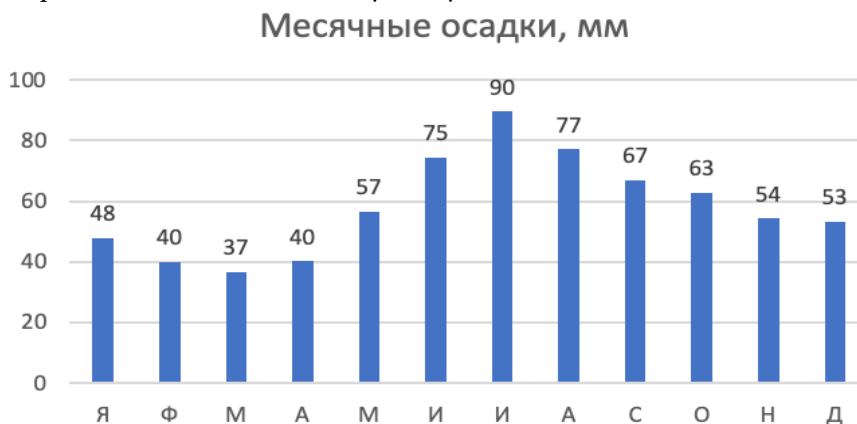


Рис. 6. Сезонная динамика изменения осадков, измеренных на метеостанции «Москва, ВДНХ»
 Fig. 6. Seasonal dynamics of precipitation changes at «Moscow, VDNKh» Weather Station

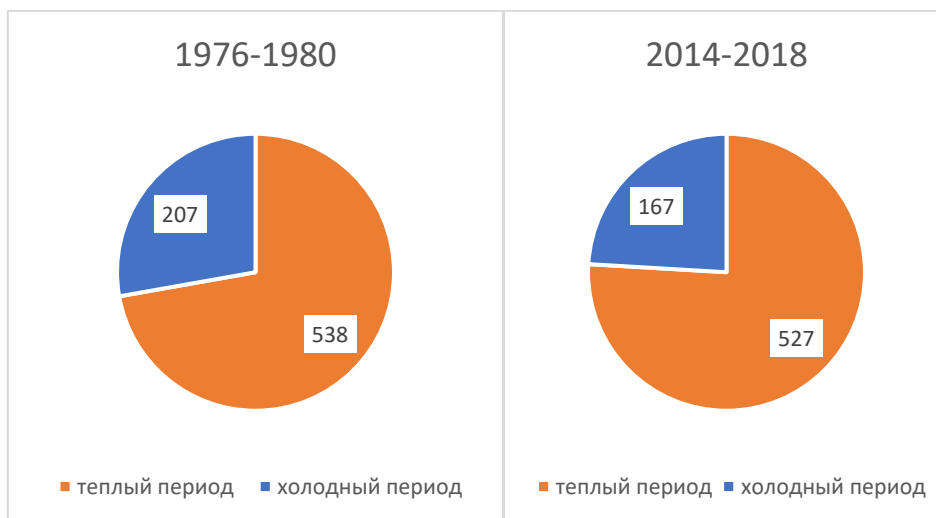


Рис. 7. Суммы осадков тёплого и холодного периодов на метеостанции «Москва, ВДНХ»
Fig. 7. Amounts of precipitation during the warm and cold periods at «Moscow, VDNKh» Weather Station



Рис. 8. Один из растров с сайта worldclim.org, визуализированный в программе QGIS
Fig. 8. One of the rasters from worldclim.org, visualized in QGIS

Для анализа были взяты данные всех 19 метеостанций по годовому количеству осадков (в мм). Они были обобщены по 12 пятилетиям с 1961 по 2020 г. Рассмотрим на примере количественных данных изменения осадков, измеренных на метеостанции «Москва, ВДНХ» (27612) полученные результаты (рис. 5).

На данных графиках наглядно видны тренды изменения осадков в Москве за последние 60 лет. Кроме того, такой формат представления данных удобен для картографической визуализации.

Однако подобный подход не даёт исчерпывающей картины состояния климата, поскольку он не отражает сезонной динамики изменения температуры воздуха, величины осадков и высоты снежного покрова. Поэтому были посчитаны и визу-

ализованы средние месячные данные годового хода осадков за период с 1961 по 2020 г. Рассмотрим на примере метеостанции «Москва, ВДНХ» (27612) полученные результаты (рис. 6).

Кроме этого, для полноты картины следует вычислить суммы осадков тёплого (с положительными температурами воздуха) и холодного (с отрицательными температурами воздуха) периодов для всех рассматриваемых метеостанций. Для визуализации изменений климатических параметров с использованием данных динамики среднегодовых температур были выбраны максимально холодное (1976-1980 гг.) и максимально тёплое (2014-2018 гг.) пятилетия. Ниже представлены полученные результаты на примере метеорологической станции «Москва, ВДНХ» (27612) (рис. 7).

С целью выявления климатических изменений на основе обработки растровых данных ежемесячного глобального мониторинга температуры и осадков, для анализа были взяты растровые данные низкого пространственного разрешения (в 1 пикселе 21 км²), размещенные в свободном доступе на сайте worldclim.org. [10]. Это данные ежемесячного глобального мониторинга, созданные при помощи сложных механизмов компиляции различных климатических данных и их интерполяции. Данные осадков и температуры представлены на всю территорию земного шара (кроме Антарктиды), то есть имеют сплошную зону покрытия (рис. 8).

Для подсчёта годовых осадков тёплого и холодного периодов месячные растры осадков нужно суммировать. Рассмотрим на примере 1976 г.

$$I_{1976} = I_{я} + I_{ф} + I_{м} + I_{а} + I_{м} + I_{и} + I_{и} + I_{а} + I_{с} + I_{о} + I_{н} + I_{д} \quad (3)$$

Для подсчёта осадков за пятилетие необходимо воспользоваться следующей формулой (на примере 1976-1980 гг.)

$$I_{1976-1980} = \frac{I_{1976} + I_{1977} + I_{1978} + I_{1979} + I_{1980}}{5} \quad (4)$$

Аналогичным образом рассчитываем осадки и для 2014-2018 гг.

Все вышеописанные формулы использовались в калькуляторе растров программы QGIS (рис. 9)

В результате обчётов получились растры: значение годовых осадков 1976-1980, значения годовых осадков 2014-2018. На основании этих растров при помощи обработки растров в QGIS строятся изолинии (изогиеты). Для них выбран шаг 50 мм. Однако после построения изолиний по растрам низкого пространственного разрешения их конфигурация не соответствует картографическим требованиям, и, поэтому, требует дальнейшей обработки (рис. 10).

Полученные изолинии необходимо упростить, сгладить, а также удалить изолинии малой длины (как правило, это короткие замкнутые изолинии, либо отдельные фрагменты изолиний возле границ картографируемой территории). Для этого был использован генератор геометрии в QGIS (рис. 11). В поле ввода был внесён соответствующий код геометрии:

```
if ($length > 40000, smooth(simplify _
vw($geometry, 0.05), 30), '') (5)
```

В результате редактирования изолинии приобрели сглаженную форму (рис. 12).

Поскольку в исследовании используются климатические данные из двух разных источников на одну картографируемую территорию, целесообразно сопоставить и сравнить значения этих данных и вычислить отклонения. Для этого были выбраны данные осадков (измеренные на метеостанциях) за январь 2018 г., согласно данным наземных наблюдений и растровых данных низкого пространственного разрешения (табл. 1).

Можно отметить, что данные имеют расхождение. Возможной причиной подобных отклонений может стать как неточная геопривязка растров и местоположения метеостанций, так и несовершенные технологии подсчётов данных Worldclim, поскольку данные наземных наблюдений meteo.ru отличаются высокой точностью в силу специфики их получения.

Результаты и их обсуждение

Для картографической визуализации полученных данных была разработана серия тематических карт, отображающая современные климатические условия бассейна р. Оки. Она предполагает создание нескольких аналоговых карт на типовой основе. Разработанная серия карт предназначена для специалистов – климатологов, гидрологов, географов, специалистов в области природопользования, а также для учебных заведений и как просветительский проект для людей, интересующихся современными климатическими условиями.

Такие картографические произведения позволят пользователю получить разностороннюю информацию как о сезонной динамике атмосферных осадков, так и об их изменении за последние десятилетия.

Было принято решение о создании двух тематических карт:

1. «Изменение величины годовых осадков в бассейне реки Оки за 1961-2020 гг.».
2. «Годовое количество осадков (1976-2018 гг.)».

Проектирование математической основы карты включает в себя выбор картографической проекции, масштаба карты и её компоновки.

При выборе картографической проекции следует учитывать размер, форму и расположение территории, а также содержание и назначение карты. Для данной

карты была выбрана равнопромежуточная коническая проекция. Параметры проекции: осевой меридиан – 39° в. д., первая главная параллель – 53° с. ш., вторая – 56° с. ш., без смещения начала координат.

Масштаб карты должен соответствовать требованиям полноты и информативно-

сти. Его выбор обусловлен размером и формой территории, а также содержанием и назначением карты. Учитывая данные параметры, был выбран масштаб 1:2 500 000.

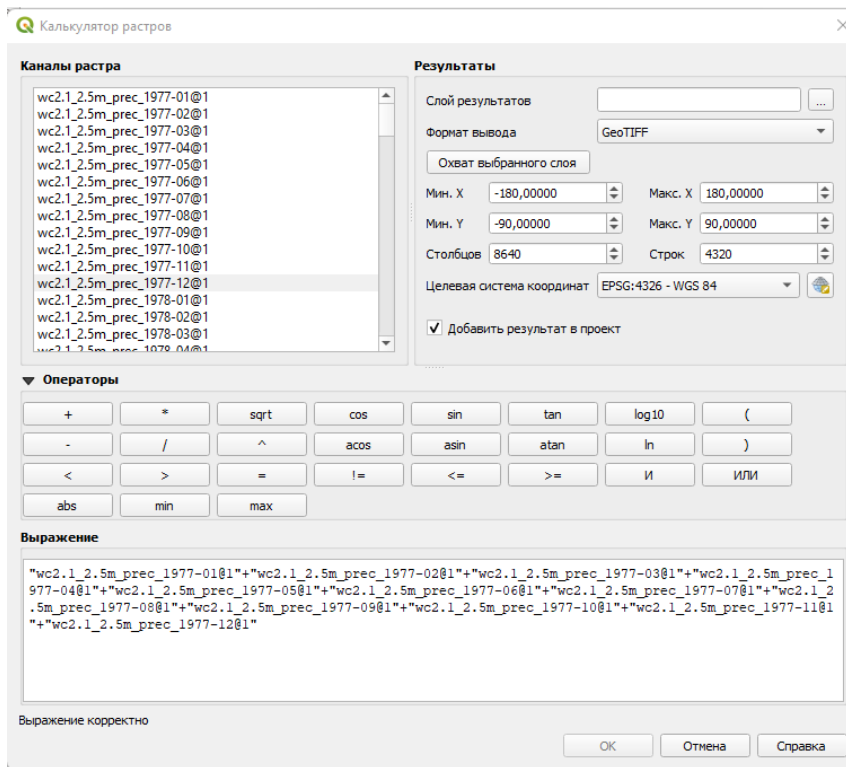


Рис. 9. Окно калькулятора растров в QGIS
Fig. 9. Raster calculator window in QGIS

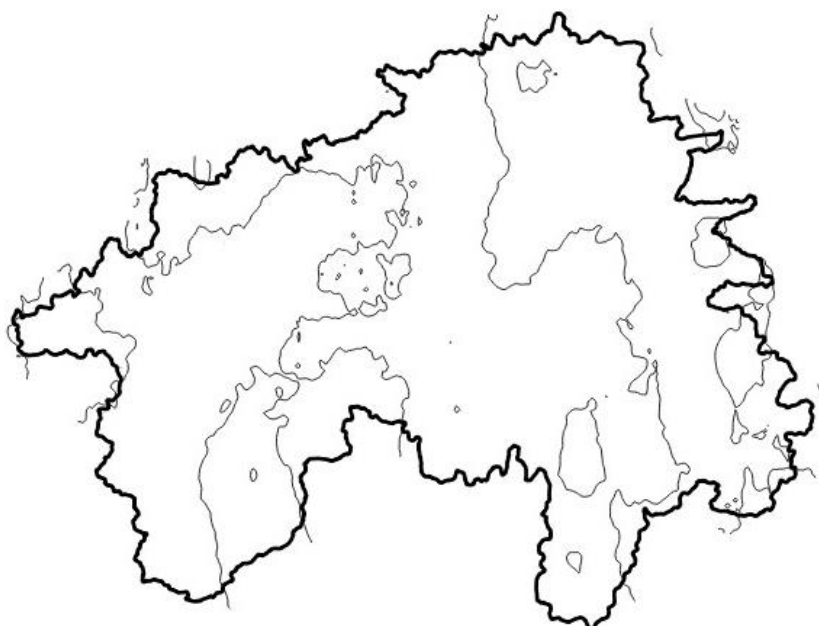


Рис. 10. Изолинии в границах бассейна до обработки
Fig. 10. Isolines within the boundaries of the basin before treatment

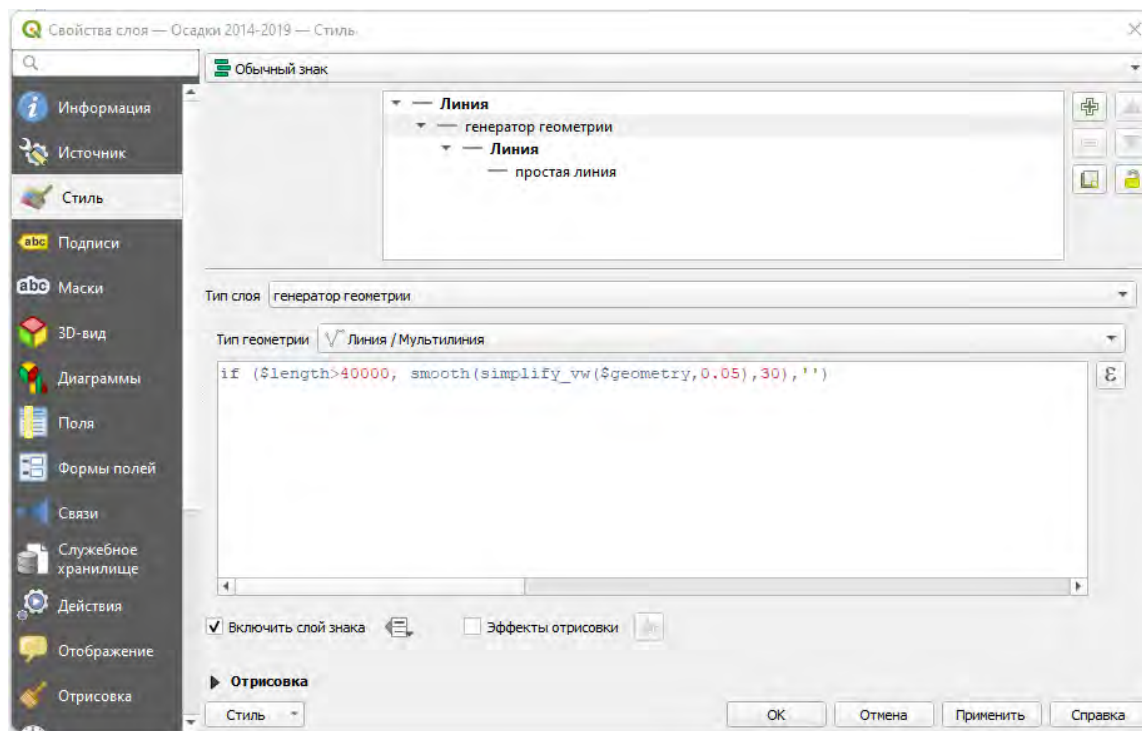


Рис. 11. Окно настройки стиля слоя с открытым генератором геометрии в QGIS
Fig. 11. Layer style settings window with open geometry generator in QGIS

Таблица 1. Сравнительный анализ количества осадков в январе 2018 г.
по данным наземных наблюдений [9] и растровых данных [10]
Table 1. Comparative analysis of precipitation in January 2018 based on ground observations [9]
and raster data [10]

Метеостанция Weather Station	Осадки, мм Precipitation, mm		
	По данным наземных наблюдений Based on ground-based observations	По растровым данным Based on raster data	Δ
Москва	66	56	10
Коломна	50	44	6
Можайск	36	50	-14
Нижний Новгород	45	47	-2
Смоленск	56	58	-2
Елатьма	44	47	-3
Переславль-Залесский	46	49	-3
Кострома	53	51	2
Старица	42	48	-6
Рязань	38	44	-6
Павелец	35	44	-9
Сухиничи	44	47	-3
Краснослободск	45	33	12
Поныри	44	55	-11
Земетчино	43	44	-1
Тамбов	41	45	-4
Конь-Колодезь	51	48	3
Трубчевск	61	51	10
Пенза	28	39	-11

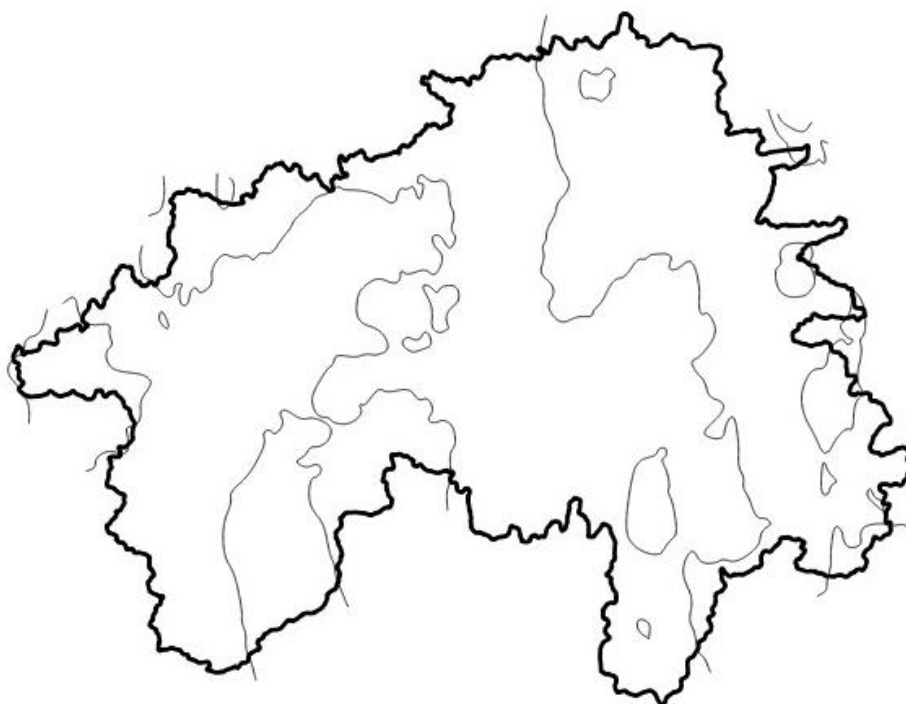


Рис. 12. Изолинии в границах бассейна после обработки
Fig. 12. Isolines within the boundaries of the basin after treatment

На карте «Изменение температуры воздуха в бассейне реки Оки за 1961-2020 гг» будут представлены данные по величине годовых осадков на 19 метеостанциях, приведённых выше. Так как при анализе климата принято анализировать длительные периоды времени (в данном случае были обработаны данные за последние 60 лет, с 1961 по 2020 г.), необходимо было решить задачу компактной и наглядной визуализации большого объема данных, локализованных по метеостанциям. В качестве способа изображения был выбран способ локализованных диаграмм, так как он позволяет отображать площадные меняющиеся, динамичные показатели, помещаемые в пунктах наблюдения (измерения) этих явлений. В качестве диаграммной фигуры были выбраны столбчатые диаграммы (гистограммы). В силу большой длины ряда рассматриваемых данных принято решение использовать средние данные по пятилетиям. Каждое пятилетие подписывается римской цифрой:

- I – 1961-1965 гг.
- II – 1966-1970 гг.
- III – 1971-1975 гг.
- IV – 1976-1980 гг.
- V – 1981-1985 гг.
- VI – 1986-1990 гг.
- VII – 1991-1995 гг.

- VIII – 1996-2000 гг.
- IX – 2001-2005 гг.
- X – 2006-2010 гг.
- XI – 2011-2015 гг.
- XII – 2016-2020 гг.

Таким образом, получается двенадцать пятилетий, т. е. двенадцать столбцов диаграммной фигуры. Их высота будет соответствовать величине среднегодовой температуры за каждое пятилетие (в 1 мм высоты столбца 40 мм осадков). Подобный метод визуализации позволит компактно и наглядно показать динамику годовых осадков.

При решении задачи отображения метеостанций было решено отказаться от визуализации метеостанций внескальным условным знаком. Было принято решение размером значков показать динамику изменения величины годовых осадков. Была рассчитана разность между годовыми осадками за первое и последнее пятилетие и разработана относительная равноступенчатая шкала размеров значков с семью ступенями (ниже даны значения в мм):

- 100 ... -50
- 50 ... 0
- 0 ... 50
- 50 ... 100
- 100 ... 150
- 150 ... 200
- 200 ... 250



Рис. 13. Пример визуализации тематической информации на карте «Изменение величины годовых осадков в бассейне реки Оки за 1961-2020 гг.»

Fig. 13. An example of thematic information visualization on the map “Changes in annual precipitation in the Oka River basin for 1961-2020”

Так как две первые ступени отображают снижение величины осадков, цвет соответствующих знаков будет отличаться от остальных пяти, отображающих положительные значения (рис. 13).

Для подробного отображения осадков бассейна р. Оки, кроме карты «Изменение величины годовых осадков в бассейне реки Оки за 1961-2020 гг.» было решено разработать карту «Годовое количество осадков (1976-2018 гг.)», отображающую годовое количество осадков способом изолиний (изогийет). В связи с необходимостью представления динамики отображаемых явлений из рассматриваемого ряда значений среднегодовых температур (по пятилетиям с 1961 по 2020 г.) выбраны пятилетия с самыми холодными (1976-1980 гг.) и самыми тёплыми (2014-2018 гг.) температурами. На карте «Годовое количество осадков (1976-2018 гг.)» двумя отдельными системами изолиний были отображены значения осадков за 1976-1980 гг. (первая система) и за 2014-2018 гг. (вторая система). Изогиеты будут различаться цветом. Такой метод визуализации позволит увидеть динамические изменения как в значениях величины осадков, так и в кон-

фигурации изолиний. Сечение изолиний – 50 мм (рис. 14).

Выбор цветового оформления тематического содержания основан на возможности пользователя ассоциировать отображаемые явления с определёнными цветами. Названия и индекс Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) подписывается для каждой метеостанции.



Рис. 14. Пример визуализации тематической информации на карте «Годовое количество осадков (1976-2018 гг.)»

Fig. 14. An example of thematic information visualization on the map “Annual precipitation (1976-2018)”

Все методы картографической визуализации представлены в таблице 2.

Инфографика на картах позволяет дополнительно раскрыть содержание карты. Это положение учитывалось при разработке инфографики для каждой карты.

Для карты «Изменение величины годовых осадков в бассейне р. Оки за 1961-2020 гг.» в дополнении к уже имеющейся тематической информации по осадкам было решено отобразить изменение месячного количества осадков по метеостанциям. Таким образом на картах будет отображена не только динамика изменения осадков за последние 60 лет, но и их сезонная динамика. Визуализация данных показателей осуществляется с помощью столбчатых диаграмм (гистограмм), аналогичных по своему дизайну с локализованными диаграммами на карте, однако имеющими отличное от них цветовое оформление с целью исключить возможность путаницы для читателя. Каждый столбец диаграммы обозначает месяц.

Названия месяцев подписаны первой буквой: Я, Ф, М, А, М, И, И, А, С, О, Н, Д.

На карте «Годовое количество осадков (1976-2018 гг.)» представлена информация, отображающая соотношение осадков тёплого и холодного периодов по метеостанциям. Для показа соотношения были выбраны круговые диаграммы, изображенные способом локализованных диаграмм. Для визуализации динамики и с целью максимально связать содержание карты и инфографики суммы осадков для данных периодов были вычислены за два периода: 1976-1980 и 2014-2018 гг. (самое холодное и тёплое пятилетие).

Все методы визуализации данных инфографикой представлены в таблице 3.

В результате были созданы тематические карты «Изменение величины годовых осадков в бассейне р. Оки за 1961-2020 гг.» (рис. 15) и «Годовое количество осадков (1976-2018 гг.)» (рис. 16).

Таблица 2. Методы картографической визуализации данных по осадкам
 Table 2. Methods for cartographic visualization of precipitation data

Карта Map	Способ изображения тематического содержания Method of thematic content displaying	Отображаемые характеристики Displayed characteristics
«Изменение величины годовых осадков в бассейне реки Оки за 1961-2020 гг.»	Значков	Разность годовых осадков за 1961-1965 и 2016-2020 гг.
	Локализованных диаграмм	Годовое количество осадков по пятилетиям
«Годовое количество осадков (1976-2018 гг.)»	Изолиний	Изогиеты

Таблица 3. Методы визуализации данных по осадкам инфографикой
 Table 3. Methods for precipitation data visualizing with infographics

Карта Map	Способ визуализации инфографикой Infographic visualization method	Отображаемые характеристики Displayed characteristics	Иллюстрация Illustration
«Изменение величины годовых осадков в бассейне реки Оки за 1961-2020 гг.»	Столбчатые диаграммы	Изменение месячного количества осадков за 1961-2020 гг. (по метеостанциям)	
«Годовое количество осадков (1976-2018 гг.)»	Круговые диаграммы	Соотношение осадков тёплого и холодного периодов (по метеостанциям)	

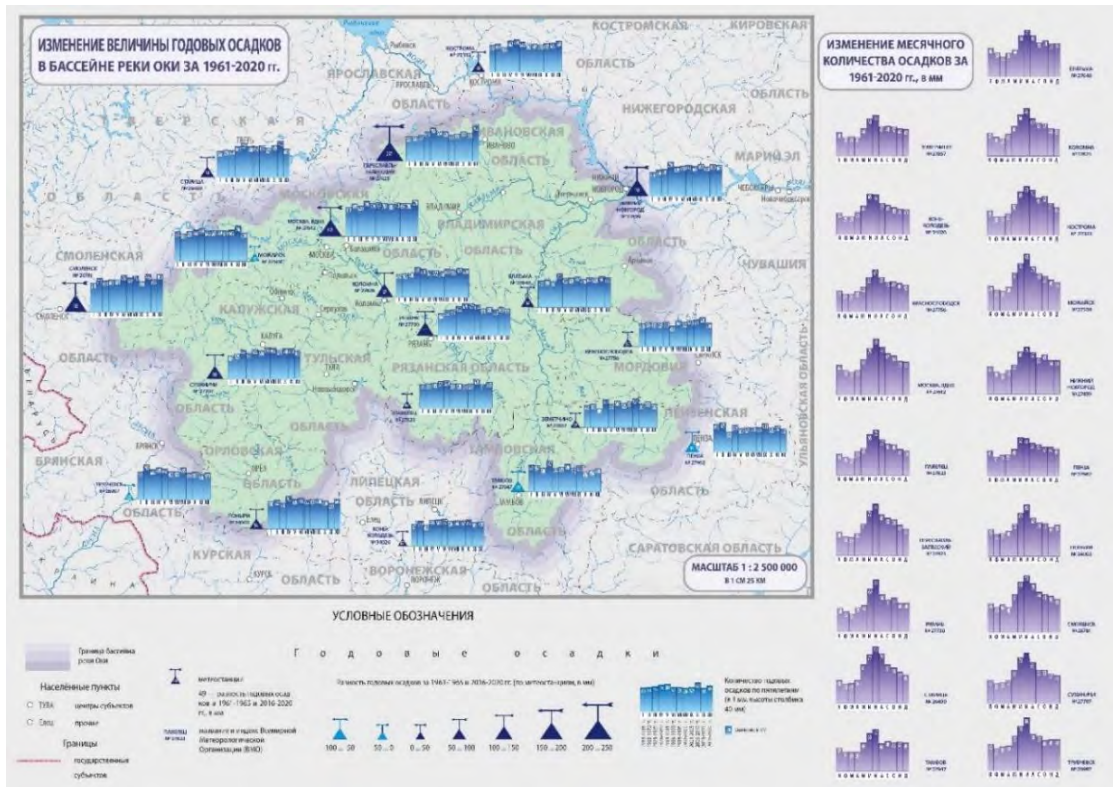


Рис. 15. Карта «Изменение величины годовых осадков в бассейне реки Оки за 1961-2020 гг.»
 Fig. 15. Map “Changes in annual precipitation in the Oka River basin for 1961-2020”

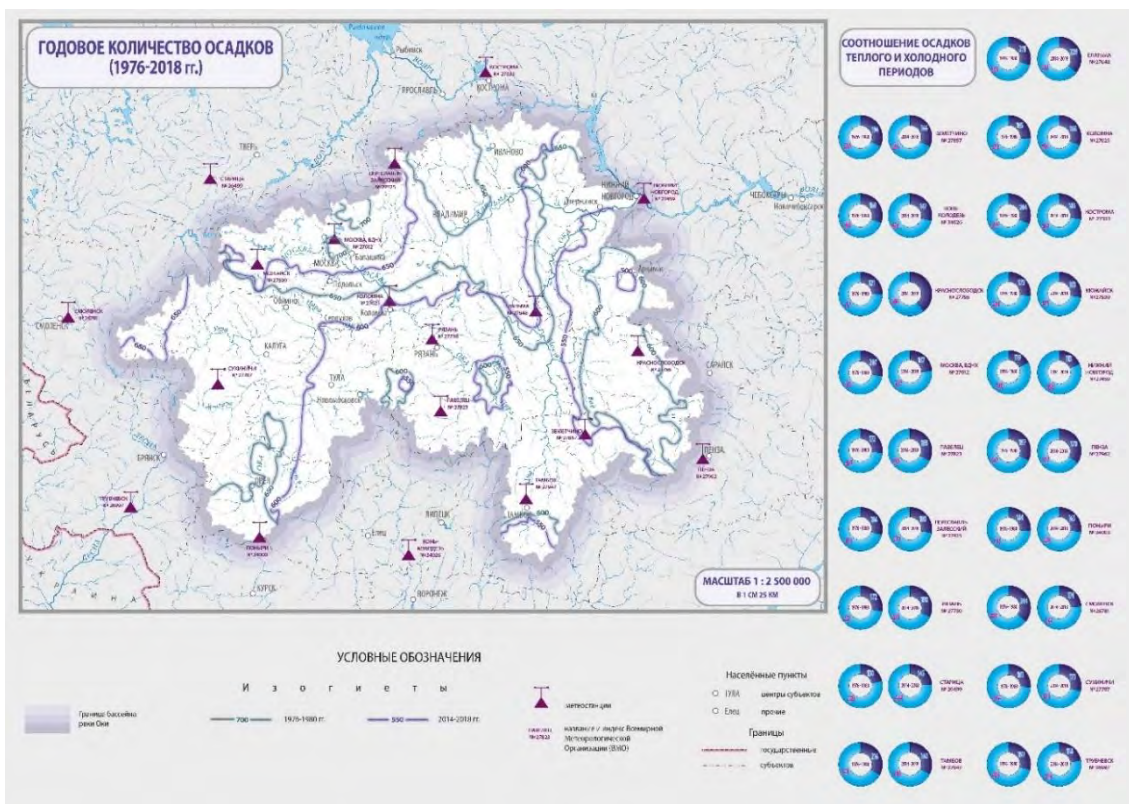


Рис. 16. Карта «Изменение величины годовых осадков в бассейне реки Оки за 1961-2020 гг.»
 Fig. 16. Map “Changes in annual precipitation in the Oka River basin for 1961-2020.”

Разработанные карты использовались для проведения картографического метода исследования, т. е. для познания изображенных на них явлений. При анализе карты «Изменение величины годовых осадков в бассейне реки Оки за 1961-2020 гг.» наблюдалось отсутствие корреляции между метеостанциями, хотя можно выделить определенные периоды общего повышения и понижения годового количества осадков. Также в последние годы наблюдается уменьшение частоты колебаний значений, особенно на метеостанциях, располагающихся на юге и западе бассейна. В целом чуть больше осадков наблюдается на севере и западе бассейна.

Что касается разности между 1961-1965 и 2016-2020 гг., то стоит отметить, что на 4 из 19 станций (Трубчевск, Тамбов, Пенза, Можайск) среднегодовое количество осадков к последнему наблюдаемому пятилетию снизилось. Первые три станции находятся на юге рассматриваемой территории, Можайск – на севере. На остальных

метеостанциях количество осадков возросло, больше всего в Переславле Залеском, Москве, Нижнем Новгороде и Смоленске, т. е. ближе к северной части бассейна.

Если проанализировать карту «Годовое количество осадков (1976-2018 гг.)», то можно сделать вывод, что в целом виден тренд на снижение количества осадков.

Заключение

Таким образом, для территории бассейна р. Оки выявлены изменения осадков, что было учтено при разработке методов визуализации климатических данных; предложены способы картографического изображения, а также изобразительные средства для отображения тематического содержания с учётом выявленной динамики изменения осадков; разработана серия аналитических карт, на которых наглядно представлена динамика изменения осадков за последние десятилетия.

Литература

1. Абдуллин Р. К., Шихов А. Н. Картографирование современных изменений климата на территории Урала // Геодезия и картография. 2019. Т. 80. № 1. С. 3-12. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-943-1-3-12. EDN: UZEMDA
2. Божилина Е. А., Сорокина В. Н. Принципы географической картографии в современной климатологии // Вестник Московского университета Серия 5: География. 2012. № 1. С. 61-66. EDN: OWYGPX
3. Географическое картографирование: карты природы / под ред. Е. А. Божилиной. М.: КДУ, 2015. 316 с.
4. Гусева И.Н. Климатические карты // Методические указания по проектированию и составлению комплексных научно-справочных атласов. Вып. 5. М., 1970. 73 с.
5. Заруцкая И. П., Красильникова Н. В. Картографирование природных условий и ресурсов. М.: Недра, 1988. 299 с.
6. Пьянков С. В., Шихов А. Н., Абдуллин Р. К. Современные методы и технологии в тематическом атласном картографировании (на примере АИС «Опасные гидрометеорологические явления Уральского Прикамья») // Вопросы географии. 2017. Т. 144. С. 208-226. EDN: XNFPCX
7. Титов А. А., Биктимирова Н. М., Братков В. В. Картографирование и визуализация изменений температуры воздуха в бассейне реки Оки // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2022. Т. 16. № 2. С. 92-102. DOI:

References

1. Abdullin RK, Shikhov AN. Mapping for current climate changes in the Urals. *Geodezia i Kartografiya*. 2019. T. 80. № 1. С. 3-12. (In Russ). DOI: 10.22389/0016-7126-2019-943-1-3-12. EDN: UZEMDA
2. Bozhilina EA, Sorokina VN. Principles of geographical cartography in current climatology. *Lomonosov Geography Journal*. 2012(1):61-66. (In Russ). EDN: OWYGPX
3. Bozhilina EA. (ed.) Geographical mapping: maps of nature. Moscow: KDU, 2015:316. (In Russ).
4. Guseva IN. Climatic maps. Methodological instructions for the design and compilation of complex scientific reference atlases. Vol. 5. Moscow, 1970:73. (In Russ).
5. Zarutskaya IP, Krasilnikova NV. Mapping of natural conditions and resources. Moscow: Nedra, 1988:299. (In Russ).
6. Pyankov SV, Shikhov AN, Abdullin RK. Modern methods and technologies in thematic atlas mapping (AIS "Hazardous hydrometeorological events of the Ural Prikamye Region"). *Issues of Geography*. 2017;144:208-226. (In Russ). EDN: XNFPCX
7. Titov AA, Biktimirova NM, Bratkov VV. Mapping and visualization of air temperature changes in the Oka River basin. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2022;16(2):92-102. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0659-2022-16-2-92-102. EDN: RMTVMS
8. Dow K, Downing TE. The atlas of climate change: mapping the World's Greatest Challenge.

10.31161/1995-0659-2022-16-2-92-102. EDN: RMTVMS

8. Dow K., Downing T. E. (2011) The atlas of climate change: mapping the World's Greatest Challenge. 3rd ed. Berkeley: University of California Press, 128 p.

9. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных: официальный сайт. 2022. URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 02.05.2022).

10. Портал «WorldClim» – 2022. URL: <https://worldclim.org/data/monthlywth.html> (дата обращения: 28.05.2022).

3rd ed. Berkeley: University of California Press, 2011:128.

9. All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – world data center: official website. 2022. URL: <http://meteo.ru/> (accessed 02.05.2022). (In Russ).

10. WorldClim. Historical monthly weather data – 2022. URL: <https://worldclim.org/data/monthlywth.html> (accessed 28.05.2022).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Титов Алексей Андреевич, преподаватель кафедры визуализации геоданных и картографического дизайна, Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия, altitks@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5051-6430>

Биктимирова Наиля Манияновна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой визуализации геоданных и картографического дизайна, Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия, biktimirovanm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1002-9806>

Братков Виталий Викторович, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой географии, Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия, vbratkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5072-1859>

Критерии авторства

Титов А. А. – разработка методов картографической визуализации, обработка растровых данных, сравнительный анализ статистических данных, анализ полученной информации; Биктимирова Н. М. – обсуждение и выбор изобразительных средств для отображения тематического содержания, совместный сравнительный анализ читаемости, различимости и наглядности разработанной системы условных обозначений; редактирование статьи; Братков В. В. – обработка данных наземных наблюдений, обработка и анализ изменений величины осадков по временным отрезкам, подготовка данных к визуализации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 09.08.2023
Одобрена после рецензирования 20.08.2023
Принята к публикации 06.09.2023

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Aleksey A. Titov, Lecturer, Department of Geodata Visualization and Cartographic Design, Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia, al-tiks@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5051-6430>

Nailya M. Biktimirova, Ph.D. (Technical Science), Associate Professor, Head of the Department of Geodata Visualization and Cartographic Design, Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia, biktimirovanm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1002-9806>

Vitaly V. Bratkov, Doctor of Science (Geography), Professor, Head of the Department of Geography, Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia, vbratkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5072-1859>

Contribution of the authors

Titov A. A. – development of cartographic visualization methods, processing of raster data, comparative analysis of statistical data, analysis of the information received; Biktimirova N. M. – discussion and selection of visual means to display thematic content, joint comparative analysis of readability, legibility and clarity of the symbols developed system; article editing; Bratkov V. V. – processing of ground observation data, processing and analysis of changes in precipitation over time periods, preparation of data for visualization.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 09.08.2023
Approved after reviewing 20.08.2023
Accepted for publication 06.09.2023

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. 17. № 3. 2023**

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: dgprurio@yandex.ru

Формат 60x84¹/₈. Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
Усл. печ. л. 14,42. Уч.-изд. л. 9,7. Тираж 500 экз. Заказ № 2448. Цена 416 руб.

Адрес типографии: 367003 РД, г. Махачкала, ул. Сулеймана Стальского, 50



Scopus



Elsevier, The Netherlands
Scopus Content Selection Advisory Board (CSAB)
Association of Science Editors and Publishers, Russia
Russian Content Selection Advisory Board (RCSAB)

CERTIFICATE OF ATTENDANCE

GIVEN OUT TO SCIENTIFIC PERIODICAL

*Известия РАН
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

RANEP
Moscow, Russia

Karen Holland
Scopus CSAB Subject Chair



Olga V. Kirillova
Russian CSAB Chair, president ASEP