

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

Т. 17. № 2. 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». Издаётся 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, 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. лабораторий экологии животных Прикаспийского института биологических ресурсов ДФИЦ РАН, чл.-корр. РАН, Махачкала, Россия;
- Мишчаев Магомед Шавалович**, д-р техн. наук, проф., ректор ГНТУ 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 Айни, Душанбе, Таджикистан;
- Омарова Наида Омаровна**, д-р физ.-мат. наук, проф., зам. директора по науке Института национальных проблем образования, чл.-корр. РАО, Махачкала, Россия;
- Пенин Румен Пенин**, д-р геогр. наук, проф. каф. ландшафтной экологии и охраны природной среды Софийского университета им. Св. Климента Охридского, София, Болгария;
- Таленов Абал Ахатович**, д-р хим. наук, проф., ректор АтГУ им. Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан;
- Темботова Фатимат Асланбиевна**, д-р биол. наук, проф., директор Института экологии горных территорий им. А. К. Темботова РАН, чл.-корр. РАН, Нальчик, Россия;
- Тюркоглу Некла**, д-р геогр. наук, проф. факультета языков, истории и географии Университета Анкары, Анкара, Турция;
- Хосейни Сайеде Сомайе**, канд. геогр. наук, вед. науч. сотр. Исфаханского университета, Исфахан, Иран;
- Чертко Николай Константинович**, д-р геогр. наук, проф. каф. почвоведения и земельных информационных систем, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь;
- Чибилев Александр Александрович**, д-р геогр. наук, проф., научный руководитель Института степи УрО РАН, акад. РАН, Оренбург;
- Элизбарашвили Нодар Константинович**, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. региональной географии и ландшафтного планирования ТГУ им. И. Джавахидшвили, Тбилиси, Грузия;
- Эминов Закир Наминов**, д-р геогр. наук, проф., генеральный директор Института географии НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан.
- Булаева Нуржаган Маисовна**, д-р тех. наук, проф., директор Центра сопряженного мониторинга окружающей среды и природных ресурсов, Махачкала, Россия;
- Гаврилов Юрий Олегович**, д-р геол.-минерал. наук, проф., зав. лаб. седиментологии и геохимии осадочных бассейнов Геологического института РАН, Москва, Россия;
- Гамагаева Барият Юнусовна**, д-р хим. наук, проф., зав. каф. химии ДГПУ, Махачкала, Россия;
- Гасаналиев Абдулла Магомедович**, д-р хим. наук, проф. каф. химии, директор Научно-исследовательского института общей и неорганической химии ДГПУ, 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;
- Исмаилов 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 Кадрович**, д-р биол. наук, проф. каф. биохимии и биофизики ДГУ, Махачкала, Россия;
- Кочаров Жамал Ахматович**, д-р хим. наук, проф. каф. общей, неорганической и физической химии КБГУ, Нальчик, Россия;
- Куролан 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;
- Лутовской Александр Михайлович**, д-р геогр. наук, проф. каф. географии МИИГАиК, Москва, Россия;
- Лушейко 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, 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 вулканологической безопасности 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 ДГУНХ, Махачкала, Россия;
- Погорелов Анатолий Валерьевич**, д-р геогр. наук, проф., зав. каф. геоинформатики КубГУ, Краснодар, Россия;
- Рабазанов Хужади Ибрагимович**, д-р биол. наук, проф., директор Прикаспийского института биологических ресурсов ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия;
- Разумов Виктор Владимирович**, д-р геогр. наук, проф., вед. науч. сотр. отдела генезиса, географии, классификации и цифровой картографии почв лаборатории мониторинга почвенного покрова Почвенного института им. В. В. Докучаева, Москва, Россия;
- Рамазанов Арсен Шамсудинович**, д-р хим. наук, проф., зав. каф. аналитической и фармацевтической химии ДГУ, Махачкала, Россия;
- Сфиева Диана Касумовна**, канд. тех. наук, доц., начальник РИО ДГПУ, Махачкала, Россия;
- Таланов Валерий Михайлович**, д-р хим. наук, проф., зав. каф. общей и неорганической химии ЮРГТУ им. М. И. Платова, Новочеркасск, Россия;
- Трунин Александр Сергеевич**, д-р хим. наук, проф., заведующий лабораторией физико-химического анализа им. Д. И. Менделеева, СГОАН, Самара, Россия;
- Черкашин Василий Иванович**, д-р геол.-минерал. наук, проф., гл. науч. сотр., зав. лаб. региональной геологии и твердого минерального сырья Института геологии ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия.

Номер журнала поступил в печать 03.07.2023 г.
Дата выхода в свет 06.07.2023 г.

© 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://dgpu.net/ru/>; e-mail: dgpurio@yandex.ru

Scientific quarterly journal
Dagestan State Pedagogical University
JOURNAL
Natural and Exact Sciences

Vol. 17. No. 2. 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)

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

Editorial Board

- Ataev Zagir V.**, Ph.D. (Geography), Professor, Director of the Research Institute of Biogeography and Landscape Ecology, Head of the Department of Scientific Research, 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;
- Mintsaev Magomed Sh.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of GSOTU, Grozny, Russia;
- Murtazaev Akay K.**, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Acting Chairman of DFRC RAS, Corresponding Member of RAS, Makhachkala, Russia;
- Mukhabbatov Kholnazar M.**, Doctor of Geography, Professor, Department of Teaching Geography and Tourism Methods, Sadridin Aini TSPU, Dushanbe, Tajikistan;
- Omarova Naida O.**, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Deputy Director for Science, Institute of National Problems in Education, Corresponding Member of RAE, Makhachkala, Russia;
- Penin Rumen P.**, Doctor of Geography, Professor, Department of Landscape Ecology and Environmental Protection, Sofia University "St. Kliment Ohridski", Sofia, Bulgaria;
- Taltenov Abzal A.**, Doctor of Chemistry, Professor, Rector of Kh. Dosmukhamedov ASU, Atyrau, Kazakhstan;
- Tembotova Fatimat A.**, Doctor of Biology, Professor, Director of A. K. Tembotov Institute of Ecology of Mountain Areas, RAS, Corresponding Member of RAS, Nalchik, Russia;
- Turkoglu Nekla**, Doctor of Geography, Professor, Faculty of Languages, History and Geography, Ankara University, Ankara, Turkey;
- Hosseini Sayede S.**, Ph.D. (Geography), Leading Researcher, Isfahan University, Isfahan, Iran;
- Chertko Nikolay K.**, Doctor of Geography, Professor, Department of Soil Science and Land Information Systems, Belarusian State University, Minsk, Belarus;
- Chibilev Alexander A.**, Doctor of Geography, Professor, Scientific Director of the Institute of Steppe of the Ural branch, RAS, academician of RAS;
- Elizbarashvili Nodar K.**, Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of Regional Geography and Landscape Planning, I. Javakhishvili TSU, Tbilisi, Georgia;
- Eminov Zakir N.**, Doctor of Geography, Professor, General Director of Institute of Geography, ANAS, Baku, Azerbaijan.
- Ataev Zagir V.**, Ph.D. (Geography), Professor, Director of the Research Institute of Biogeography and Landscape Ecology, Head of the Department of Scientific Research, 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;
- Gavrillov Yuri O.**, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Head of the laboratory of Sedimentology and Geochemistry of Sedimentary Basins, Geological Institute, RAS, Moscow, Russia;
- Gamataeva Bariyat Y.**, Doctor of Chemistry, Professor, Head of the Department of Chemistry, DSPU, Makhachkala, 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;
- Ismailov Eldar Sh.**, Doctor of Biology, Professor, Department of Chemistry, DSTU, Makhachkala, Russia;
- Kalov Rizuan O.**, Doctor of Geography, Professor, Department of Economy AIC, KBSAU, Nalchik, Russia;
- Klichkhanov Nisred K.**, Doctor of Biology, Professor, Department of Biochemistry and Biophysics, DSU, Makhachkala, Russia;
- Kochkarov Zhamal A.**, Doctor of Chemistry, Professor, Department of General, Inorganic and Physical Chemistry, KBSU, Nalchik, Russia;
- Kurolap Semyon A.**, Doctor of Geography, Professor, Dean of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, VSU, Voronezh, Russia;
- Likhovid Andrey A.**, Doctor of Geography, professor, Department of Ecology and Nature Management, Institute of Earth Science, First Vice-Rector of NCFU, Stavropol, Russia;
- Lugovskoy Alexander M.**, Doctor of Geography, professor, Department of Geography, MIIGAIK, Moscow, Russia;
- Lupeyko Timofey G.**, Doctor of Chemistry, Professor, Head of the Department of General and Inorganic Chemistry, SFEDU, Rostov-on-Don, Russia;
- Lysenko Aleksey V.**, Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of Physical Geography and Cadaster, Institute of Earth Science, NCFU, Stavropol, Russia;
- Magomedova Manadi A.**, Ph.D. (Biology), Associate Professor, Head of the Department of Biology, Ecology and Teaching Methods, 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, SRSPU (NPI), Novocheboksary, 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.

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.

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гасаналиева П. Н., Омарова М. А., Гасаналиев А. М., Гаджиева Г. М.
ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-SR}(\text{NO}_3)_2\text{-NaCl}$ 5

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Акимов Л. М., Акимов Е. Л.
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
ФОРМИРОВАНИЯ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В УСЛОВИЯХ
ВЕРТИКАЛЬНОЙ «НЕУСТОЙЧИВОСТИ» В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ 11

Атаев З. В., Идрисов И. А.
ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ
МАКАЖОЙСКОЙ КОТЛОВИНЫ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ КАВКАЗ) 23

Забураева Х. Ш., Шаипова А. А., Алиева Х. А.-В.
АНАЛИЗ И СИНТЕЗ МОДЕЛЕЙ РЕКРЕАЦИОННЫХ СИСТЕМ 34

Корчагина Е. А. ИЗМЕНЕНИЯ В РЕЖИМЕ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ
НА ТЕРРИТОРИИ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКИ 45

Крупко А. Э., Нестеров Ю. А.
ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ В ПОСТСОВЕТСКОЕ ВРЕМЯ
И ПРОБЛЕМЫ ДОСТИЖЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ РОССИИ 57

Лебедев А. А. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РОСТА ГОРОДА СТАВРОПОЛЯ 68

Онищенко В. В., Халамчиев М. И. К ВОПРОСУ МАССОВОГО УСЫХАНИЯ
ЕЛИ ВОСТОЧНОЙ НА ТЕРРИТОРИИ ТЕБЕРДИНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА 74

Седых В. А., Куропан С. А., Мазуров Г. И., Козлов А. Т., Закусилов В. П.
ИНТЕГРАЛЬНАЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ КРУПНОГО ЦЕНТРА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
(НА ПРИМЕРЕ Г. ЛИПЕЦКА) 84

Семина И. А., Фоломейкина Л. Н., Яковенко Н. В.
ДЕЛОВАЯ АКТИВНОСТЬ В СУБЪЕКТАХ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА 94

Сергеева И. В., Тихонов А. Д., Кубанова М. С.
ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГРАНИЦ ОХРАННЫХ ЗОН
ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 110

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ 118

CONTENTS

CHEMICAL SCIENCES

- Gasanalieva P. N., Omarova M. A., Gasanaliev A. M., Gadzhieva G. M.*
STUDY OF $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-SR}(\text{NO}_3)_2\text{-NaCl}$ FOUR-COMPONENT SYSTEM PROPERTIES 5

EARTH SCIENCE

- Akimov L. M., Evgeny A. L.*
SPATIO-TEMPORAL PATTERNS OF AEROTECHNOGENIC ATMOSPHERIC POLLUTION
FORMATION IN THE CONDITIONS OF VERTICAL “INSTABILITY”
IN THE CENTRAL BLACK EARTH REGION 11
- Ataev Z. V., Idrisov I. A.*
NATURAL RESOURCE POTENTIAL OF THE MAKAZHOY
BASIN MOUNTAIN LANDSCAPES (NORTH-EASTERN CAUCASUS) 23
- Zaburaeva Kh. Sh., Shaipova A. A., Alieva Kh. A.-V.*
ANALYSIS AND SYNTHESIS OF RECREATIONAL SYSTEMS MODELS 34
- Korchagina E. A.*
CHANGES IN THE ATMOSPHERIC PRECIPITATION REGIME
OF THE KARACHAY-CHERKESS REPUBLIC 45
- Krupko A. E., Nesterov Yu. A.*
FOREST MANAGEMENT IN POST-SOVIET TIMES
AND ISSUES OF FORESTS SUSTAINABLE STATE ACHIEVING IN RUSSIA 57
- Lebedev A. A.*
GEOECOLOGICAL ISSUES OF STAVROPOL CITY GROWTH 68
- Onischenko V. V., Khalamliev M. I.*
MASS DRYING OF EASTERN SPRUCE IN TEBERDINSKY NATIONAL PARK 74
- Sedykh V. A., Kurolap S. A., Mazurov G. I., Kozlov A. T., Sumin A. I.*
INTEGRAL GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF TECHNOGENIC POLLUTION
FOR THE URBAN ENVIRONMENT OF THE METALLURGICAL INDUSTRY LARGE CENTER
(USING THE EXAMPLE OF LIPETSK CITY) 84
- Semina I. A., Folomeykina L. N., Yakovenko N. V.*
BUSINESS ACTIVITY IN THE REGIONS OF VOLGA FEDERAL DISTRICT 94
- Sergeeva I. V., Tikhonov A. D., Kubanova M. S.*
UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR DETERMINING THE BOUNDARIES OF LINEAR OBJECTS
SECURITY ZONES ON THE EXAMPLE OF POWER LINES 110

- RULES FOR AUTHORS** 118

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Химические науки / Chemical Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 541.123.3:543.246
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-5-10
EDN: FHJAKO

Изучение свойств четырехкомпонентной системы $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr(NO}_3)_2\text{-NaCl}$

© 2022 Гасаналиева П. Н. ✉, Омарова М. А., Гасаналиев А. М., Гаджиева Г. М.
Дагестанский государственный педагогический университет
Махачкала, Россия, p_gasanalieva@mail.ru ✉;
abdulla.gasanaliev@mail.ru; egp@mail.ru; aishathadjieva@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Целью работы является разработка полифункциональных материалов на основе изучения физико-химических, термодинамических и электрохимических свойств расплава системы $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr(NO}_3)_2\text{-NaCl}$. **Методы.** Синхронный анализ, термогравиметрия, измерение электропроводности. **Результаты.** Установлены температурные режимы термодинамической и термохимической устойчивости расплава данной системы до 350 °С; выявлено, что эффективным показателем материала является малая потеря массы (1.22 %) в пределах рабочих температур; экспериментальные данные демонстрируют невысокие значения энергии активации (0.453-0.425) и высокие значения удельной ионной проводимости (1.93×10^{-5} - 4.42×10^{-3}) в диапазоне 343-373 К. **Выводы.** Сравнительный анализ характеристик данной композиции показал эффективность применения его при разработке низко- и среднетемпературных тепловых аккумуляторов, химических источников тока, химико-технологических систем в экономически и технологически выгодных условиях.

Ключевые слова: термический анализ, хлориды, нитраты, эвтектика.

Формат цитирования: Гасаналиева П. Н., Омарова М. А., Гасаналиев А. М., Гаджиева Г. М. Изучение свойств четырехкомпонентной системы $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr(NO}_3)_2\text{-NaCl}$ // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 2. С. 5-10. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-5-10. EDN: FHJAKO

Study of $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr(NO}_3)_2\text{-NaCl}$ Four-Component System Properties

© 2022 Patimat N. Gasanalieva ✉, Madinat A. Omarova,
Abdulla M. Gasanaliev, Guleybat M. Gadzhieva
Dagestan State Pedagogical University
Makhachkala, Russia, p_gasanalieva@mail.ru ✉;
abdulla.gasanaliev@mail.ru; egp@mail.ru; aishathadjieva@mail.ru

ABSTRACT. The aim of the paper is to develop polyfunctional materials based on the study of the physicochemical, thermodynamic and electrochemical properties of the melt of $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr(NO}_3)_2\text{-NaCl}$ system. **Methods.** Synchronous analysis, thermogravimetry, electrical conductivity measurement. **Results.** Temperature modes for thermodynamic and thermochemical stability of this system melt up to 350 °C are established. It was found that an effective indicator of the material is a small weight loss (1.22 %) within

the operating temperatures. Experimental data demonstrate low values of activation energies (0.453-0.425) and high values of specific ionic conductivity (1.93×10^{-5} - 4.42×10^{-3}) in the range of 343-373 K. **Conclusions.** A comparative analysis of the characteristics of this composition showed the effectiveness of its use in the development of low- and medium-temperature thermal batteries, chemical current sources, chemical-technological systems in economically and technologically favorable conditions.

Keywords: thermal analysis, chlorides, nitrates, eutectics.

For citation: Gasanalieva PN, Omarova MA, Gasanaliev AM, Gadzhieva GM. Study of $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr}(\text{NO}_3)_2\text{-NaCl}$ Four-Component System Properties. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2023;17(2):5-10 (In Russ). DOI:10.31161/1995-0675-2023-17-2-5-10. EDN: FHJAKO

Введение

Комплексные исследования по физико-химическому анализу многокомпонентных систем (МКС) позволяют создавать научные основы химических технологий получения новых материалов с регламентируемыми свойствами. В этих целях широко используются солевые расплавы. Для их разработки необходимо исследование фазовых равновесий в соответствующих системах и изучение физико-химических свойств их твердых и жидких фаз [3].

При исследовании МКС также рассматривается доступность, стоимость и рациональность входящих в нее солей. Хлориды щелочных и щелочноземельных металлов являются традиционными растворителями, а их композиции с нитратами этих металлов обладают ценными термодинамическими, теплофизическими и транспортными свойствами (высокая теплоемкость, плотность, электропроводность). Следовательно, системы с их участием перспективны при разработке: теплоаккумулирующих материалов, электролитов для химических источников тока, неорганических растворителей, фоновых электролитов и др. [1; 4; 5; 7; 9].

После проведенного анализа литературы нами для экспериментального изучения выбран эвтектический состав четырехкомпонентной системы $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr}(\text{NO}_3)_2\text{-NaCl}$.

Данная работа выполнена на базе НИИ общей и неорганической химии Дагестанского государственного педагогического университета и института физики Дагестанского федерального исследовательского центра РАН.

Материал и методы исследования

Для синтеза новых неорганических материалов с регламентируемыми свойствами необходимо комплексное исследование диаграмм плавкости и физико-химических свойств МКС современными

методами физико-химического анализа, в первую очередь с использованием компьютерных методов объемного моделирования.

Соли были предварительно высушены в программируемом сушильном шкафу при 200 °С. Далее эвтектический состав подвергли синхронному термическому анализу (термогравиметрия, дифференциальный термический анализ).

Синхронный термоанализатор STA 449 F3 Jupiter (Netzsch) позволяет выполнять измерения изменения массы и тепловых эффектов и процессов, сопровождающихся выделением или поглощением тепла, при температурах между 25 °С и 1550 °С представляет собой измерительный комплекс, в котором объединены функции дифференциального сканирующего калориметра и высокочувствительных аналитических весов. Данный прибор позволяет проводить одновременно в одном эксперименте и на одном образце измерение калориметрических величин при различных термодинамических переходах, измерять температуры этих переходов и регистрировать при этом изменение массы исследуемого образца [2].

Исследование электрохимического импеданса проводили с помощью RLC-измерителя E7-20 («МНИПИ», Беларусь) в интервале температур 298-373 К с использованием двухзондовой ячейки с обратимыми литиевыми электродами, площадью 0,25 см², расположенных на расстоянии 0,4 см друг от друга. Значения сопротивления были получены в частотном диапазоне от 25 Гц до 1 МГц с амплитудой прикладываемого сигнала от 0,04 до 1 В [8].

Результаты и их обсуждение

Для экспериментального исследования выбран эвтектический состав четырехкомпонентной системы $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr}(\text{NO}_3)_2\text{-NaCl}$ (табл.1) [6].

Таблица 1. Нонвариантный состав системы $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr}(\text{NO}_3)_2\text{-NaCl}$
 Table 1. Nonvariant composition of $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr}(\text{NO}_3)_2\text{-NaCl}$ system

Система $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr}(\text{NO}_3)_2\text{-NaCl}$	Состав, мол. % Composition, mol %				Нонвариантная точка Nonvariant point	$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$
	1	2	3	4		
	44.8	41.2	4	10	ε	112

С учетом принципов разработки теплоаккумулирующих материалов на основе многокомпонентных систем, нами выбрана четырехкомпонентная система $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr}(\text{NO}_3)_2\text{-NaCl}$, которая является стабильным тетраэдром пятерной взаимной системы $\text{Li, Na, K, Sr//Cl, NO}_3$ [4; 5].

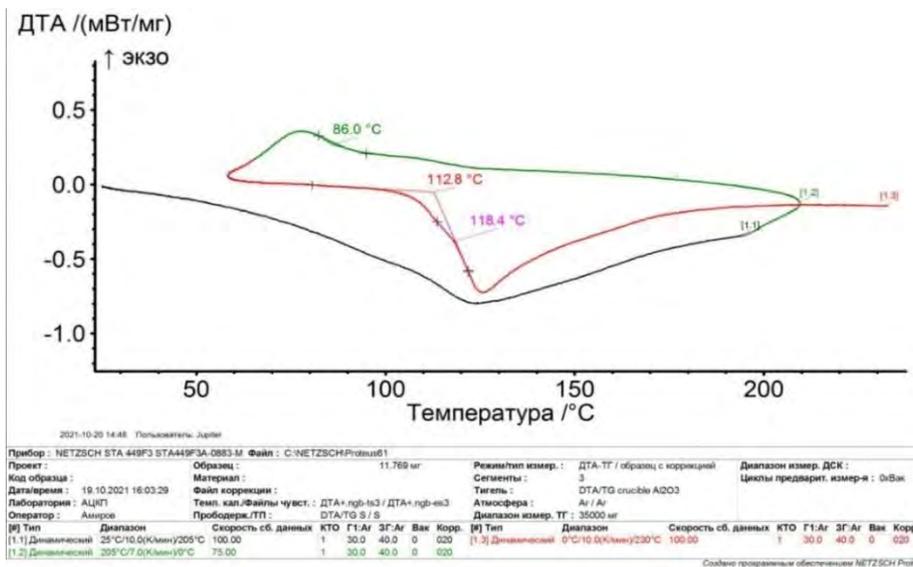


Рис. 1. Термический анализ эвтектического состава четырехкомпонентной системы $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr}(\text{NO}_3)_2\text{-NaCl}$
 Fig. 1. Thermal analysis of $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr}(\text{NO}_3)_2\text{-NaCl}$ four-component system eutectic composition

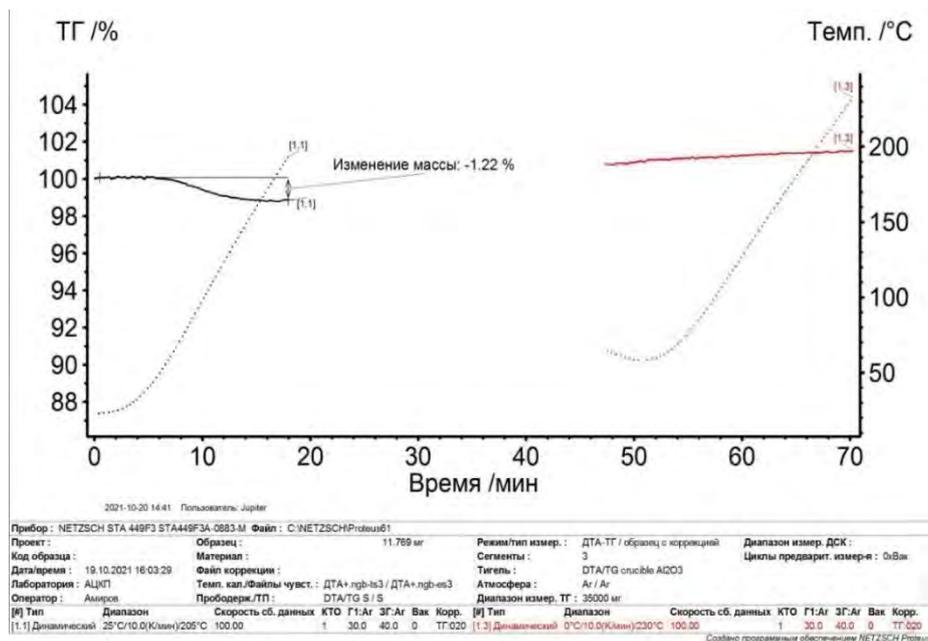


Рис. 2. Термогравиметрический анализ эвтектического состава четырехкомпонентной системы $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr}(\text{NO}_3)_2\text{-NaCl}$
 Fig. 2. Thermogravimetric analysis of $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr}(\text{NO}_3)_2\text{-NaCl}$ four-component system eutectic composition

В ходе экспериментального изучения в системе выявлена одна эвтектическая точка, плавящаяся при температуре 112 °С (рис. 1). Термогравиметрический анализ данного расплава показал, что он термически и термодинамически устойчив до 350 °С (рис. 2), что позволяет рекомендовать его как теплоаккумулирующий материал с рабочими температурами 112 °С при монотропном фазопереходном и 25-200 °С для политропного фазопереходно-теплоемкостного гибридного аккумулирования. При этом эффективным показателем материала является и малая потеря массы (1.22 %) в пределах рабочих температур, что технически и экономически выгодно при конструировании малогабаритного теплового аккумулятора с циклическим «плавление-кристаллизация» режимом работы (рис. 2).

При температурном исследовании образца наблюдается наличие твердой и жидкой фазы в диапазоне 293-333 К и 343-373 К. На рис. 3 данные переходы отражаются в виде двух температурных соответствующих участков. Перенос ионов щелочных и щелочноземельных металлов, являющихся основными проводниками в системе, может протекать через простой прыжковый механизм.

Полученные экспериментальные данные (табл. 2) демонстрируют невысокие значения энергий активации и высокие значения удельной ионной проводимости в диапазоне 343-373 К.

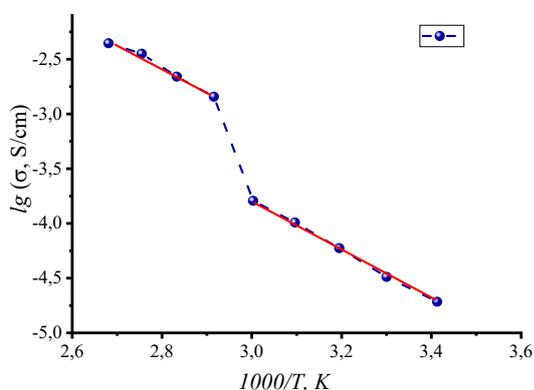


Рис. 3. Зависимость удельной ионной проводимости от температуры в системе $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr(NO}_3)_2\text{-NaCl}$

Fig. 3. Temperature dependence of specific ionic conductivity in $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr(NO}_3)_2\text{-NaCl}$ system

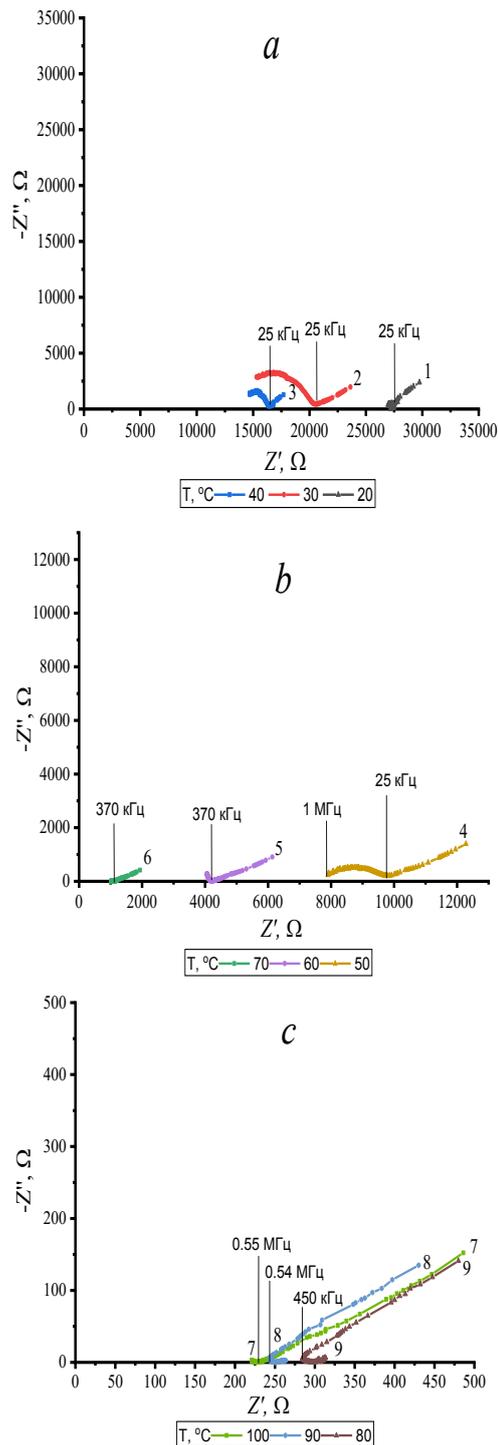


Рис. 4. Годографы импеданса системы $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr(NO}_3)_2\text{-NaCl}$ в координатах Найквиста при температуре °С: 20 (1); 30 (2); 40 (3); 50 (4); 60 (5); 70 (6); 80 (7); 90 (8); 100 (1)

Fig. 4. Hodographs of $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr(NO}_3)_2\text{-NaCl}$ system impedance in Nyquist coordinates at a temperature of °C: 20 (1); 30 (2); 40 (3); 50 (4); 60 (5); 70 (6); 80 (7); 90 (8); 100 (1)

Таблица 2. Параметры удельной ионной проводимости и энергии активации, определенные в электролитной системе $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr(NO}_3)_2\text{-NaCl}$
Table 2. Specific ionic conductivity and activation energy parameters determined in $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr(NO}_3)_2\text{-NaCl}$ electrolyte system

T, K	Удельная ионная проводимость σ_{AC} , См/см Specific ionic conductivity σ_{AC} , S/cm	Энергия активации ΔE , эВ Activation energy ΔE , eV	Погрешность Δ , % Error Δ , %	$\log A \cdot S \cdot K/cm$
293-333	$1,93 \times 10^{-5}$	0.453	0.44	0.4883
343-373	$4,42 \times 10^{-3}$	0.425	0.19	0.5339

По данным спектров электрохимического импеданса обнаружено различие механизмов ионного транспорта в системе в зависимости от температуры.

Спектр импеданса в диапазоне температур 20-60°C имеет форму и эквивалентную схему полубесконечной диффузии с элементом Вабурга, тогда как диапазон температур 70-100°C обусловлен наличием элемента Варбурга и сдвига фаз (СРЕ) (прил., рис.4).

Под действием подаваемого на электрохимическую ячейку синусоидального напряжения при одной полярности происходит растворение электрода с образованием избыточных ионов, а при другой полярности — восстановление ионов и их осаждение на электрод. Для упрощения рассматриваемой задачи полагают, что макроскопическое поле в электролите ничтожно мало благодаря его высокой проводимости. Вследствие этого перемещение ионов по электролиту возможно только за счет диффузии [10].

Сведения о термическом, термодинамическом и электрохимическом анализе расплава солевой системы $\text{LiNO}_3\text{-KNO}_3\text{-Sr(NO}_3)_2\text{-NaCl}$ содержащей в своем составе соли щелочных (LiNO_3 , NaCl , KNO_3) и щелочноземельного ($\text{Sr(NO}_3)_2$) металлов эффективны как для расширения фундаментальных знаний о фазообразовании, так и для получения методами физико-химического анализа новых материалов.

Закключение

Методом термогравиметрического анализа установлены температурные режимы термодинамической и термохимической устойчивости расплава данной системы до 350 °С, что позволило рекомендовать его как теплоаккумулирующий материал с рабочими температурами 112 °С при монотропном фазопереходном и 25-200 °С для политропного фазопереходно-теплоемкостного гибридного аккумуляирования.

Выявлено, что эффективным показателем материала является и малая потеря массы (1.22 %) в пределах рабочих температур, что технически и экономически выгодно при конструировании малогабаритного теплового аккумулятора с циклическим «плавление-кристаллизация» режимом работы.

Полученные экспериментальные данные демонстрируют невысокие значения энергий активации (0.453-0.425) и высокие значения удельной ионной проводимости (1.93×10^{-5} - 4.42×10^{-3}) в диапазоне 343-373 К.

Сравнительный анализ характеристик данной композиции показал эффективность применения его при разработке низко- и среднетемпературных тепловых аккумуляторов, химических источников тока, химико-технологических систем в экономически и технологически выгодных условиях.

Список источников

1. Аккумуляирование энергии и пути повышения эффективности работы электростанций и экономии энергии. Ч 2. Аккумулярующие энергоустановки, тепловые процессы и теплоаккумулярующие материалы / под ред. Р. Б. Ахмедова. М.: ЭНИН, 1986. 195 с.
2. Альмяшев В. И., Гусаров В. В. Термические методы анализа. СПб: СПбГЭТУ (ЛЭТИ), 1999. 40 с.
3. Васина Н. А., Грызлова Е. С., Шапошникова С. Г. Теплоаккумулярующие свойства многокомпонентных солевых систем. М.: Химия, 1984. 112 с.
4. Гаматаева Б. Ю. Физико-химическое взаи-

References

1. Akhmedov RB (ed.) Energy storage and ways to increase the efficiency of power plants and save energy. Part 2. Accumulating power plants, thermal processes and heat storage materials. Moscow: ENIN, 1986:195 (In Russ).
2. Al'myashev VI, Gusarov VV. Thermal methods of analysis. St. Petersburg: SPbGETU (LETI), 1999:40. (In Russ).
3. Vasina NA, Gryzlova ES, Shaposhnikova SG. Heat storage properties of multicomponent salt systems. Moscow: Khimiya, 1984:112. (In Russ).
4. Gamataeva BYu. Physical and chemical inter-

модействие в многокомпонентных системах, содержащих соли щелочных и щелочноземельных металлов: Разработка теплоаккумулирующих материалов: дисс. ... д-ра хим. наук. Махачкала, 2002. 316 с.

5. Гасаналиев А. М. Топология, обмен и комплексообразование в многокомпонентных системах: дисс. ... д-ра хим. наук. Ташкент, 1990. 477 с.

6. Гасаналиева П. Н. Фазовый комплекс и свойства системы $\text{LiNO}_3\text{-NaCl-KNO}_3\text{-KCl-Sr(NO}_3)_2$: дис. ... канд. хим. наук. Махачкала, 2009. 161 с.

7. Дибиров М. А. Алгоритм описания химизма в многокомпонентных взаимных солевых системах с развитым комплексообразованием // Физико-химический анализ многокомпонентных систем: тезисы докладов Всероссийской конференции. Махачкала, 1997. С. 19.

8. Емельянова Ю. В., Морозова М. В., Михайловская З. А., Буянова Е. С. Импедансная спектроскопия: теория и применение: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2017. 156 с.

9. Магомедов А. М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Махачкала: Юпитер, 1996. 244 с.

action in multicomponent systems containing salts of alkali and alkaline earth metals: development of heat storage materials: Dr. Sci. (Chemistry) diss. Makhachkala, 2002:316. (In Russ).

5. Gasanaliyev AM. Topology, exchange and complex formation in multicomponent systems: Dr. Sci. (Chemistry) diss. Tashkent: 1990:477. (In Russ)

6. Gasanaliyeva PN. Phase complex and properties of $\text{LiNO}_3\text{-NaCl-KNO}_3\text{-KCl-Sr(NO}_3)_2$ Ph.D. thesis (Chemistry). Makhachkala, 2009:161. (In Russ).

7. Dibirov MA. Algorithm for describing chemistry in multicomponent reciprocal salt systems with developed complex formation. *Physical and Chemical Analysis of Multicomponent Systems: Abstracts of the All-Russian Conference*. Makhachkala, 1997:19. (In Russ).

8. Emel'yanova YuV, Morozova MV, Mikhaylovskaya ZA, Buyanova ES. Impedance spectroscopy: theory and application: a manual. Yekaterinburg: Ural University Publ., 2017:156. (In Russ).

9. Magomedov AM. Non-traditional renewable energy sources. Makhachkala: Jupiter, 1996:244. (In Russ).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Гасаналиева Патимат Насирдиновна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии, факультет биологии, географии и химии, Дагестанский государственный педагогический университет, Махачкала, Россия, p_gasanaliyeva@mail.ru

Гасаналиев Абдулла Магомедович, доктор химических наук, профессор кафедры химии, факультет биологии, географии и химии, Дагестанский государственный педагогический университет, Махачкала, Россия, abdulla.gasanaliyev@mail.ru

Омарова Мадинат Алиевна, старший преподаватель кафедры химии, факультет биологии, географии и химии, Дагестанский государственный педагогический университет, Махачкала, Россия, egr@mail.ru

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

Критерии авторства

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 02.02.2023
Одобрена после рецензирования 20.02.2023
Принята к публикации 22.02.2023

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Patimat N. Gasanaliyeva, Ph.D. (Chemistry), Associate Professor, Department of Chemistry, Faculty of Biology, Geography and Chemistry, Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia; e-mail: p_gasanaliyeva@mail.ru

Abdulla M. Gasanaliyev, Doctor of Science (Chemistry), Professor, Department of Chemistry, Faculty of Biology, Geography and Chemistry, Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, abdulla.gasanaliyev@mail.ru

Madinat A. Omarova, Senior Lecturer, Department of Chemistry, Faculty of Biology, Geography and Chemistry, Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia, egr@mail.ru

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

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 02.02.2023
Approved after reviewing 20.02.2023
Accepted for publication 22.02.2023

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 551.558.1
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-11-22
EDN: GBBAZK

Пространственно-временные закономерности формирования аэротехногенного загрязнения атмосферы в условиях вертикальной «неустойчивости» в Центральном Черноземье

© 2023 Акимов Л. М. ✉, Акимов Е. Л.

Воронежский государственный университет
Воронеж, Россия, akl63@bk.ru ✉, akimovvsu@gmail.com

РЕЗЮМЕ. Цель. Изучение связи концентрации загрязнений с параметрами «неустойчивости» атмосферы, а также изучение пространственно-временных особенностей распределения устойчивости атмосферы на территории Центрального Черноземья. **Материалы и методы** исследования основываются на оценке информативности различных индексов устойчивости атмосферы, используемых при прогнозе опасных конвективных явлений, и установлении корреляционных связей между ними и различными поллютантами. **Результатами** исследования явилось установление пространственных и временных закономерностей распределения устойчивости атмосферы в различные сезоны года, их зависимость от термического режима подстилающей поверхности и циркуляции атмосферы. **Выводы.** Доказана целесообразность использования индексов устойчивости атмосферы для прогноза концентрации загрязняющих веществ. Корреляционная связь между концентрациями загрязняющих веществ и индексами устойчивости атмосферы летом достигает заметного уровня (0.45 – 0.55), а с индексом *CAPE* для пыли (0.79) и формальдегида (0.80) она высокая. Установлено, что в течение года на исследуемой территории Центрального Черноземья преобладает устойчивое состояние атмосферы, особенно в зимний период. Пространственное распределение вероятности неустойчивой атмосферы летом имеет вид седловины. В широтном направлении (Смоленск – Волгоград) расположена территория с более устойчивым состоянием атмосферы, а в меридиональном направлении, с севера на юг (Рязань – Тамбов – Ростов-на-Дону) – территория с большей неустойчивостью атмосферы, с преобладанием интенсивных конвективных движений воздуха. Распределение неустойчивости атмосферы имеет выраженный годовой ход, зависимый от термического режима исследуемой территории и циркуляции атмосферы.

Ключевые слова: поллютанты, устойчивость атмосферы, вертикальные движения воздуха, турбулентность, индексы неустойчивости, Центральное Черноземье.

Благодарность: исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 20-17-00172 «Урбоэкодиагностика состояния воздушной среды крупных промышленных городов Центрального Черноземья: воздействие шумового фактора, канцерогенные риски и обеспечение экологической безопасности»).

Формат цитирования: Акимов Л. М., Акимов Е. Л. Пространственно-временные закономерности формирования аэротехногенного загрязнения атмосферы в условиях вертикальной «неустойчивости» в Центральном Черноземье // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 2. С. 11-22. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-11-22 EDN: GBBAZK

Spatio-Temporal Patterns of Aerotechnogenic Atmospheric Pollution Formation in the Conditions of Vertical “Instability” in the Central Black Earth Region

© 2023 Leonid M. Akimov✉, Evgeny L. Akimov

Voronezh State University

Voronezh, Russia, akl63@bk.ru✉, akimovvsu@gmail.com

ABSTRACT. Aim. Study of the connection between the pollution concentration and the parameters of atmosphere “instability”, as well as the study of the spatio-temporal features for the atmospheric stability distribution in the territory of the Central Black Earth Region. The research **materials and methods** are based on assessing the information content of various atmospheric stability indices used in forecasting dangerous convective phenomena, and establishing correlations between them and various pollutants. The results of the study were the establishment of spatial and temporal patterns for the atmospheric stability distribution in different seasons, their dependence on the thermal regime of the underlying surface and atmospheric circulation. **Conclusions.** It has been proven the feasibility for using the atmospheric stability indices to predict the concentration of pollutants. The correlation between the concentrations of pollutants and atmospheric stability indices in summer reaches a noticeable level (0.45 – 0.55), and with the CAPE index for dust (0.79) and formaldehyde (0.80) it is high. It has been established that a stable state of the atmosphere prevails throughout the year in the study area of the Central Black Earth Region, especially in winter. The spatial distribution of the unstable atmosphere probability in summer has the shape of a saddle. In the latitudinal direction (Smolensk – Volgograd) there is a territory with a more stable atmosphere state, and in the meridional direction, from north to south (Ryazan – Tambov – Rostov-on-Don) there is a territory with greater atmosphere instability, with a predominance of intense convective air movements. The atmospheric instability distribution has a pronounced annual variation, depending on the thermal regime of the study area and atmospheric circulation.

Keywords: pollutants, atmospheric stability, vertical air movements, turbulence, instability indices, Central Black Earth Region.

Acknowledgment: The research was supported by the Russian Science Foundation (Project No.20-17-00172 “Urboecodiagnosics of the air environment state in large industrial cities of the Central Black Earth Region: the noise factor impact, carcinogenic risks and ensuring environmental safety”).

For citation: Akimov LM., Akimov EL. Spatio-Temporal Patterns of Aerotechnogenic Atmospheric Pollution Formation in the Conditions of Vertical “Instability” in the Central Black Earth Region. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2023;17(2):11-22 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-11-22. EDN: GBBAZK

Введение

В настоящее время все большее внимание уделяется вопросам изучения загрязнения воздуха и законов распространения примесей в атмосфере. Для России проблемы, связанные с загрязнением атмосферного воздуха, актуальны и в значительной степени согласуются с национальным интересом в оздоровлении экологической обстановки в стране.

С 2018 по 2024 г. разработан и введен в действие национальный проект «Экология», в рамках которого утвержден федеральный проект «Чистый воздух». Конечной целью данных экологических программ провоз-

глашено: «Кардинальное снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах, в том числе уменьшение не менее чем на 20 % совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в наиболее загрязненных городах» [1]. На сегодняшний день, участие в национальном проекте «Экология» приняли 12 городов России, в которых проблема качества атмосферного воздуха стоит наиболее остро.

Атмосферный воздух является важнейшим объектом окружающей природной среды, средой обитания растительного и животного мира, достоянием всего

человечества и охраняется в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на ее территории. Однако во многих городах России загрязнение атмосферы, ее средние за год концентрации очень опасных для здоровья человека бенз(а)пирена и формальдегида остаются выше ПДК.

Установлено, что состояние здоровья населения на 30-40 % зависит от состояния окружающей среды. Особенно чувствительны к изменениям окружающей среды пожилые люди с хроническими болезнями сердца и легких. Общая смертность увеличивается на 0,3-0,9 % при повышении концентраций общих взвешенных частиц диоксида серы или других веществ на 10 мкг/м³ и на 0,6 % при таком же увеличении концентрации мелких взвешенных частиц диаметром менее 10 мкм (пыль РМ-10) [2].

Большую опасность представляет загрязнение атмосферы канцерогенными веществами, особенно сажей, формальдегидом. С повышением их концентрации увеличивается количество онкологических заболеваний.

Специфика микроклимата городов наряду с активным ростом аэротехногенного загрязнения формирует особые условия распространения загрязняющих веществ в воздушной среде. Некоторые метеорологические условия и синоптические явления способны увеличивать уровень концентраций загрязняющих веществ, в том числе формальдегида, и перемещать их на дальние расстояния, другие – способствуют их рассеиванию, и как следствие очищению атмосферы. Нередки случаи, когда и сами загрязнители усиливают негативные воздействия метеоусловий (фотохимический смог). Поэтому, изучение зависимости влияния метеорологических условий на формирование загрязнения окружающей воздушной среды, особенно вертикальной структуры атмосферы, ее устойчивости, является актуальной проблемой.

Данной проблематике посвящено большое количество работ, среди которых следует выделить труды К. С. Буптгевой [3], Э. Ю. Безуглой [4; 5], М. Е. Берлянда [6], Куролаца С. А. [7], Ю. А. Израэля [8], А. А. Исаева [9], I. Turiel [10], R. Wilson [11] и др.

В трудах Акимова Л. М. [12; 13], Дьякова С. А., А. В. Назаренко [14] отмечена тесная связь между данными вертикального зондирования атмосферы, характеризующих состояние атмосферы, с концентрацией загрязняющих веществ.

Вертикальное перемешивание, вызванное турбулентными движениями, приводит к переносу по высоте всевозможных атмосферных примесей, аэрозолей, пыли, водяного пара, количества движения и других свойств отдельных частиц и тем самым оказывает непосредственное участие в формировании концентрации загрязняющих веществ. Параметры (индексы) устойчивости атмосферы в данном случае выступают показателем потенциала рассеивающей способности атмосферы, ее турбулентного перемешивания.

Целью данной работы является установление связей между различными параметрами устойчивости атмосферы и величиной концентрации загрязняющих веществ, а также изучение пространственно-временных особенностей распределения индексов устойчивости атмосферы на территории Центрального Черноземья.

Материалы и методы исследования

На первом этапе исследования проводилась оценка связи между различными параметрами (индексами) устойчивости атмосферы и концентрацией загрязняющих веществ. Данные о концентрации загрязняющих веществ получены на 5 стационарных постах наблюдения загрязнений (ПНЗ) Воронежского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ЦГМС [1-3] за 12 месяцев с 2018 по 2022 г. и 6 месяцев 2023 г. Мониторинг состояния атмосферного воздуха в Воронеже осуществляется по неполной программе в системе Росгидрометасроком наблюдений в 7, 13, 19 ч, по 7 контролируемым антропогенным примесям. Станции 1, 8, 9, 10 – «промышленные» (вблизи предприятий) и станция 7 – «авто»%. В перечень контролируемых веществ, определяемых на стационарных постах наблюдения в системе Росгидромета в городе Воронеже входят: диоксид азота, оксид азота, оксид углерода, формальдегид, фенол, пыль, сажа, аммиак, ангидрид сернистый. Концентрация фенола определяется только на ПНЗ № 7, а концентрация сажи исключительно на ПНЗ № 1.

Для анализа вертикальной устойчивости атмосферы использовались данные температурно-ветрового зондирования атмосферы ст. Воронеж (34122), передаваемые ежедневно в коде КН – 04 (FN-35) и размещенные на сайте Гидрометцентра России, за период синхронных ежедневных наблюдений за аналогичный период.

Стабильность атмосферы существенно зависит от распределения температуры воздуха с высотой, определяющей её способность гасить вертикальное перемещение воздушных масс (устойчивость атмосферы). В устойчивой атмосфере вертикальное движение воздуха затруднено, а небольшие вертикальные возмущения гасятся и исчезают. В неустойчивой атмосфере вертикальные перемещения воздуха имеют тенденцию к усилению, что ведёт к возникновению вихревых потоков и активной конвекции. Нестабильность атмосферы всегда сопряжена со значительной турбулентностью.

Расчет исследуемых индексов неустойчивости основывается на данных температурно-ветрового зондирования атмосферы с использованием температуры воздуха, точки росы, давления и параметров ветра (сдвиг и скорость потока) на различных изобарических поверхностях.

Существует большое количество параметров (индексов) неустойчивости атмосферы, применяемых в основном для прогноза опасных конвективных явлений, с использованием различных подходов.

В первую очередь используется анализ термического режима слоя воздуха на различных высотах, исследуется тем самым вертикальный градиент температуры.

Данный подход базируется на физических принципах конвекции при поднятии единичного объема воздуха (посылки (*parcel*)) до уровня 500 гПа. Когда приземный воздух поднимается, в сухом состоянии он охлаждается по сухоадиабатическому закону до уровня конденсации (LCL) и влажно-адиабатическому процессу до уровня 500 гПа. Также с высотой понижается температура воздуха. Однако иногда воздух остывает медленнее, чем окружающая среда (*envir*). Когда это происходит, поднимающийся воздух становится теплее и менее плотным, чем окружающая среда. Таким образом, создаются условия, когда воздух может продолжать

подниматься, что приводит к развитию интенсивной конвекции.

1. *Индекс потенциала грозы (Showalter index)*, [15].

$$SI = T_{500} - T_{p500}, \quad (1)$$

где T_{p500} – температура воздушной посылки (*parcel*), поднятой адиабатически $T_p(p)$ до уровня 500 гПа; T_{500} – температура окружающей среды $T_e(p)$ (*envir*) на уровне изобарической поверхности 500 гПа.

2. *Индекс плавучести (Lifted Index, LI)*, Galway (1956)[16].

$$LI = T(500mbenvir) - T(500mbparcel), \quad (2)$$

где $T(500mbenvir) - T$ – температура окружающей среды $T_e(p)$ (*envir*) на уровне изобарической поверхности 500 гПа, °C; $T(500mbparcel) - T$ (посылка 500 гПа) – температура восходящего единичного объема воздуха на уровне 500 гПа, °C. Когда значение LI положительное, атмосфера (на соответствующей высоте) стабильна, а когда значение отрицательное, атмосфера нестабильна.

3. *Доступная конвективная потенциальная энергия Convective Available Potential Energy = CAPE (CAPE index)* представляет собой максимальную кинетическую энергию, которую положительно плавучий объект может приобрести при всплытии без обмена импульсом (вихревое трение), теплом и влагой с окружающей средой. CAPE отражает энергетический потенциал атмосферы, который может использоваться для конвекции, т. е. потенциальную энергию. Высокие значения индекса CAPE указывают на высокую скорость развития конвективных процессов.

$$CAPE = \int_{z_f}^{z_n} g \left(\frac{T_{v_{parcel}} - T_{v_{bnv}}}{T_{v_{bnv}}} \right) dz, \quad (3)$$

где Z_f, Z_n – высоты соответственно свободной конвекции и уровня выравнивания температур (нейтральная плавучесть); $T_{v_{parcel}}$ – виртуальная температура единичного объема воздуха (*parcel*); $T_{v_{bnv}}$ – виртуальная температура окружающей среды (*envir*); g – ускорение свободного падения (9,81 м/с²).

4. *Вертикальный итоговый индекс (Vertical totals index, VT)*, [17], представля-

ет собой статическую устойчивость или вертикальный градиент температуры в слое 850-500 гПа.

$$VT = T_{850} - T_{500}, \quad (4)$$

где T_{850} – температура воздуха на изобарической поверхности 850 гПа, T_{500} – температура воздуха на 500 гПа.

Существует другая категория индексов, которая в своей основе базируется не только на температуре слоя воздуха, но и его влагосодержании.

5. *Перекрёстный итоговый индекс (Crosstotalindex, CT)*. Индекс CT учитывает влагосодержание слоя свободной атмосферы, т. к. содержит точку росы на высоте 850 гПа.

$$CT = Td_{850} - T_{500}, \quad (5)$$

где Td_{850} – температура точки росы на 850 гПа, T_{500} – температура воздуха на 500 гПа.

Скорость вертикального подъема единичного объема воздуха (*parcel*) существенно зависит от влажности воздуха на уровне 850 гПа и температуры окружающей среды (*envir*) на высоте изобарической поверхности 500 гПа.

6. *Итоговый индекс TT – Totaltotalindex* – индекс неустойчивости воздушной массы, представляющий собой сумму двух индексов (*перекрёстный + вертикальный*), (*TotaltotalindexTT*), Miller (1972) [17]. Образуется из суммы двух индексов:

$$TT = VT + CT, \quad (6)$$

где VT – вертикальный итоговый индекс, CT – перекрёстный итоговый индекс.

Третья группа индексов учитывает не только температуру, влажность воздуха, но и сдвиги ветра.

7. *Показатель сильной непогоды (SWEAT index)*, [17]:

$$SW = 20(TT - 49) + 12D_{850} + 2V_{850} + V_{500} + 125[\sin(\Delta V_{500-850}) + 0.2], \quad (7)$$

где TT – *Totaltotalindex* – индекс неустойчивости воздушной массы, (второй член уравнения приравнивают 0, если $TT \leq 49$), V_{850} и V_{500} – скорости ветра при давлении 850 гПа и 500 гПа соответственно, $(\Delta V_{500-850})$ – разница в градусах между направлением ветра при давлении в 500 гПа и направлением ветра при давлении

850 гПа. Ни один из показателей в формуле 7 не может быть отрицательным.

Следует отметить, что средняя высота изобарической поверхности Ат – 925 гПа расположена на 700 м, Ат – 850 гПа – 1,5 км, Ат – 700 гПа – 3,0 км, а изобарическая поверхность Ат – 500 гПа расположена на 5,5 км. Следовательно, параметры «неустойчивости» атмосферы описывают интенсивность вертикального движения воздуха, состояние атмосферы в слое от уровня земли до 5,5 км, тем самым характеризуют вертикальную структуру атмосферы, способствующую рассеиванию загрязнений.

В таблице 1 представлены критерии (граничные значения) устойчивости/неустойчивости атмосферы.

Исследование проводилось в несколько этапов. На первоначальном этапе определялось наличие и теснота связи между индексами устойчивости атмосферы и концентрацией загрязняющих веществ. Таким образом, проводился отбор наиболее информативного показателя (индекса) рассеивающей способности атмосферы с различными поллютантами, отличающимися между собой как химическими, так и физическими свойствами.

Временной интервал исследования был разделен на два равных периода согласно календарным сезонам (зимний и летний), отличающихся термическим режимом.

Для выявления взаимосвязи между параметрами устойчивости атмосферы и концентрациями поллютантов использовался корреляционный метод анализа, отличительной особенностью которого является приближенный, вероятностный характер. Качественная оценка показателей тесноты связи осуществлялась на основании шкалы Чеддока, согласно которой величина тесноты корреляционной связи $|r|$ в интервале 0,1-0,3 характеризует слабую связь; 0,3-0,5 – умеренную; 0,5-0,7 – заметную; 0,7-0,9 – высокую и 0,9-0,99 – весьма высокую.

Полученные значения коэффициентов корреляции были проверены на значимость с помощью коэффициента линейной корреляции Пирсона, после предварительной процедуры проверки исследуемых параметров на «нормальность» распределения. Полученные результаты подтвердили свою значимость.

Таблица 1. Критериальные (граничные) значения индексов устойчивости атмосферы
Table 1. Criteria (boundary) values of atmospheric stability indices

Индекс неустойчивости Instability index	Устойчивая атмосфера – Турбулентность слабая Sustainable atmosphere is weak turbulence	Относительно устойчи- вая атмосфера – турбулентность умерен- ная Relatively stable atmos- phere is turbulence moder- ate	Абсолютно неустойчивая атмосфера – турбулентность сильная Absolutely unstable atmos- phere is strong turbulence
SI (<i>Showalter index</i>)	≥ 0	$-3 < SI < 0$	$-4 < SI$
LI (<i>Lifted Index</i>)	≥ 0	$-3 < SI < 0$	$-9 < SI < -3$
SW (<i>SWEAT index</i>)	≤ 190	200 ÷ 350	≥ 350
CT (<i>Cross totals index</i>)	< 18	19 ÷ 21	> 22
VT (<i>Vertical totals index</i>)	< 21	22 ÷ 27	> 28
TT (<i>Total totals index</i>)	< 44	45 ÷ 49	≥ 50
CAPE	≤ 1000	1000 ÷ 2500	> 2500

Таблица 2. Величина корреляционной связи в зимний период
Table 2. The value of the correlation in the winter period

Индекс устойчивости Sustainability index	Пыль dust	Диоксид серы Sulfur dioxide	Оксид углерода oxide carbon	Диоксид азота Nitrogen dioxide	Оксид азота Nitric oxide
SI (<i>Showalter index</i>)	–	–	0,45	0,34	0,52
LI (<i>Lifted Index</i>)	0,48	–	-0,35	0,37	0,39
SW (<i>SWEAT index</i>)	-0,38	0,30	–	–	–
CT (<i>Cross totals index</i>)	–	-0,34	-0,38	-0,34	-0,38
VT (<i>Vertical totals index</i>)	–	-0,34	–	–	–
TT (<i>Total totals index</i>)	–	-0,34	-0,43	–	-0,44
CAPE	–	–	–	–	–

Анализ тесноты связи между параметрами устойчивости атмосферы и концентрациями поллютантов осуществлялся отдельно для зимнего и летнего сезонов по всем стационарным пунктам наблюдения в утренние и дневные часы одновременно.

Результаты и их обсуждение

В результате для каждого поллютанта были отобраны наибольшие величины тесноты корреляционной связи $|r|$ с различными индексами устойчивости атмосферы, представленные в таблице 2 (зимний сезон) и таблице 3 (летний сезон).

Следует отметить, что в таблицах 2 и 3 представлены значения коэффициентов корреляции, соответствующие тесноте связи «умеренная» и выше, т. е. $|r| > 0,3$. В случаях, если наблюдалась слабая теснота связи или отсутствовала, то ставился прочерк.

Анализ результатов таблицы 2 позволил установить зависимость концентрации загрязняющих веществ от устойчивости атмосферы, следовательно, и от ее турбулентности. В зимний период степень этой зависимости умеренная, а величина

корреляционной связи $|r|$ находится в пределах от 0,34 до 0,48. В некоторых случаях знак величины связи отрицательный, что свидетельствует об обратном характере взаимодействия. Умеренно высокие значения тесноты связи наблюдаются с LI (*Lifted Index*). Величина тесноты связи индекса LI (*Lifted Index*) с пылью составляет 0,48, с диоксидом азота 0,37, с оксидом азота 0,39, а с оксидом углерода -0,35. С индексом SI (*Showalter index*) величина тесноты связи оксида азота составляет 0,52 при положительном знаке связи, что соответствует уровню «заметной» связи. С индексом CAPE значимых значений тесноты связи с загрязнителями атмосферы не наблюдалось.

Следует обратить внимание на тот факт, что зимой величина связи канцерогенных веществ, к которым относятся формальдегид и сажа, с различными параметрами неустойчивости атмосферы – слабая, и в таблице 2 не представлена.

Установленные значения величины коэффициентов корреляции свидетельствуют о том, что необходимы дополнительные исследования временных особенно-

стей состояния атмосферы, так как со временем меняется термический режим атмосферы, а также плотность газов составляющих атмосферу.

Зависимость плотности газов от температуры определяется уравнением состояния газов Менделеева – Клайперона:

$$P\nu = RT, \quad (8)$$

где P – давление, ν – удельный объем газа, T – температура по абсолютной шкале и R – газовая постоянная, зависящая от природы газа

или

$$\rho = \frac{P}{RT}, \quad (9)$$

где ρ – плотность газа – величина, обратная удельному объему.

Газовая постоянная для смеси газов имеет вид:

$$R = R^* \mu, \quad (10)$$

где R^* – газовая постоянная идеального газа; μ – относительная молекулярная (молярная) масса газа. Числовое значение «газовой» постоянной для сухого воздуха $Rd = 289,7 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$.

Из уравнения 9 следует, что при постоянном давлении и газовом составе атмосферного воздуха, чем выше температура, тем меньше плотность воздуха, следовательно, выше архимедова сила, способствующая его подъему.

Многие исследуемые поллютанты тяжелее воздуха: молярная масса взвешенной в воздухе пыли – 215,6 г/моль, диоксида серы – 64,0638 г/моль, оксида углерода – 44,01 г/моль, диоксида азота – 46,0055 г/моль, оксида азота – 44,0128 г/моль, формальдегида – 30,03 г/моль. Только у сажи молекулярная масса (12,011 г/моль) меньше, чем у сухого воздуха – 28,96 г/моль. При устойчивом состоянии атмо-

сферы со слабыми вертикальными потоками воздуха, слабая турбулентность оказывает не достаточно значительное влияние на концентрацию загрязняющих веществ.

Предложенная гипотеза об устойчивости атмосферы в зимний период подтверждается результатами корреляционного анализа индексов неустойчивости атмосферы с основными загрязнителями атмосферы в летний период, представленными в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что летомуровень тесноты корреляционной связи между параметрами устойчивости атмосферы и загрязняющими веществами выше, чем зимой.

В летний период за счет большего притока тепла увеличивается термический режим подстилающей поверхности, уменьшается плотность газов, что способствует усилению конвекции в приземном слое атмосферы, следовательно, и интенсивному турбулентному перемешиванию воздуха. Величина корреляционной связи между поллютантами и индексами неустойчивости атмосферы во многих случаях достигает заметного уровня ($r=0.5-0.7$). Такие результаты наблюдаются у пыли с индексом SI ($r=0.55$), LI (0.50), VT (0,51). У формальдегида заметный уровень тесноты связи наблюдается с индексом CT (-0.52), с параметрами SI и LI (-0.45). Для пыли и формальдегида теснота связи с индексом CAPE высокая 0.79 и 0.80 – соответственно.

Исходя из анализа данных таблицы 3, можно сделать вывод о том, что летом наиболее тесные связи индексов неустойчивости атмосферы с поллютантами наблюдаются у индексов LI (*Lifted Index*), а также с CAPE.

Таблица 3. Величина корреляционной связи в летний период
 Table 3. The value of the correlation in the summer period

Индекс устойчивости Stability index	Пыль Dust	Диоксид серы Sulfur dioxide	Оксид углерода Oxide carbon	Диоксид азота Nitrogen dioxide	Оксид азота Nitric oxide	Формальдегид Formaldehyde	Сажа Soot
SI (<i>Show alter index</i>)	0,55	0,33	-0,39	-0,30	–	-0,45	–
LI (<i>Lifted Index</i>)	0,50	-0,37	-0,45	-0,40	–	-0,45	–
SW (<i>SWEATindex</i>)	-0,46	–	–	–	-0,33	–	-0,32
CT (<i>Cross totals index</i>)	-0,35	-0,39	0,31	-0,31	-0,32	-0,52	–
VT (<i>Vertical totals index</i>)	0,51	0,31	0,36	0,46	–	0,38	0,43
TT (<i>Total totals index</i>)	-0,42	-0,38	0,39	–	-0,31	-0,40	–
CAPE	0,79	–	0,57	0,33	–	0,80	–

Следует отметить, что наибольшие значения индекса *CAPE* отмечались во вторую половину дня после максимального прогрева воздуха, поэтому вероятность неустойчивой атмосферы на всей территории Центрального Черноземья на основании рассматриваемого индекса составляла 4-6 %, что свидетельствует о преобладании устойчивого состояния атмосферы на исследуемой территории Центрального Черноземья.

Данный факт следует учитывать в прогностических моделях рассеивания примесей в атмосфере (РД 52.18.717-2009) [18] при выборе класса неустойчивости атмосферы по параметру Паскуилла, который в зимнее время для данной территории соответствует классу неустойчивости атмосферы E, а в летнее время D. Определение более точного класса неустойчивости атмосферы по параметру Паскуилла можно провести на основании оценки значений градиента температуры в планетарном пограничном слое атмосферы в пределах 1000-925 гПа.

После установления наиболее информативных индексов устойчивости атмосферы, имеющих наиболее тесную корреляционную связь с загрязнителями атмосферы, проведено исследование рассеивающей способности атмосферы территории Центрального Черноземья с использованием параметра *LI* (*Lifted Index*).

Наибольшее рассеяние загрязняющих веществ в атмосфере происходит при неустойчивом состоянии атмосферы, с интенсивными конвективными потоками. Чем больше неустойчивость состояния атмосферы, тем интенсивнее турбулентное перемешивание воздуха, тем меньше концентрация загрязнителей у поверхности земли.

На основании полученных критериальных значений индексов неустойчивости (табл. 1) оценивалась вероятность неустойчивого состояния атмосферы Центрального Черноземья, представленная на рисунке.

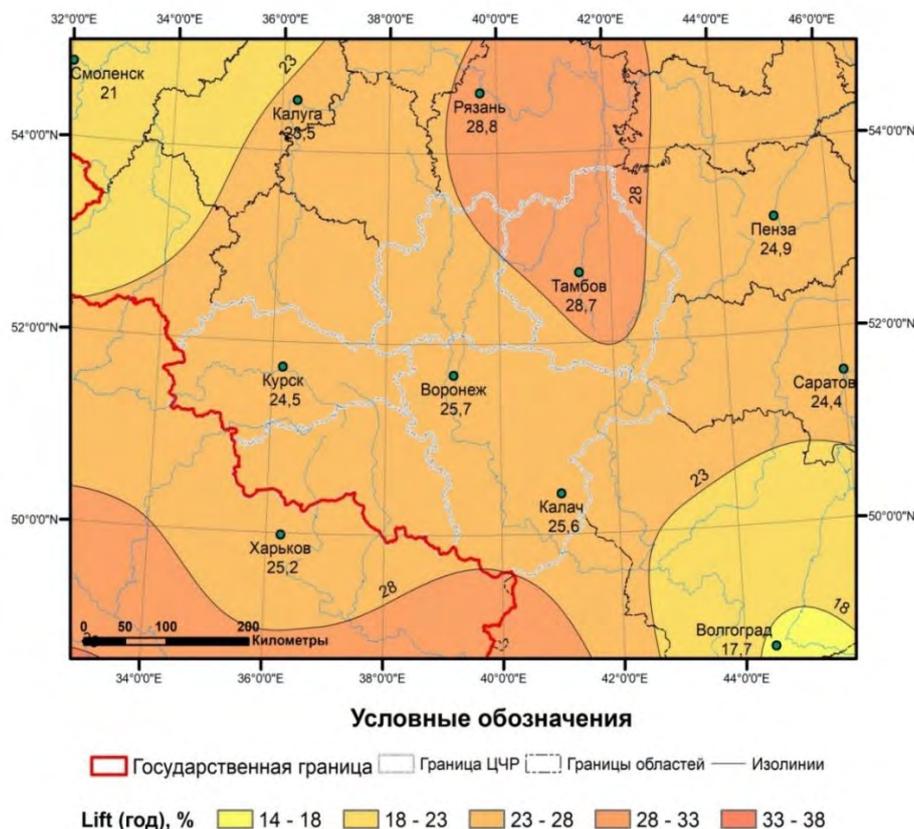


Рис. Пространственное распределение вероятности неустойчивой погоды летом на территории Центрального Черноземья

Fig. Spatial distribution of the unstable weather probability in summer in the Central Black Earth Region

Из рисунка видно, что распределение вероятности неустойчивой атмосферы имеет вид седловины, где в широтном направлении по линии Смоленск – Волгоград расположена территория с более устойчивым состоянием атмосферы. Вероятность неустойчивого состояния атмосферы в Смоленске составляет 21.0 %, а в Волгограде 17.7 %. В меридиональном направлении с севера на юг (Рязань – Тамбов – Ростов-на-Дону) расположена территория с большей неустойчивостью атмосферы, с преобладанием интенсивных конвективных движений воздуха, с вероятностью проявления неустойчивости в пределах 30 % (Рязань 28.8 %, Тамбов 28.7 %). На остальной территории Центрального Черноземья вероятность неустойчивого состояния атмосферы находится в пределах 24–26 %.

Далее, с использованием индекса LI (*Lifted Index*), проводился анализ временной изменчивости неустойчивости атмосферы в летний период. С этой целью оценивалась вероятность проявления неустойчивости атмосферы по индексу LI (*Lifted Index*) в различных метеорологических станциях исследуемой территории

для каждого календарного месяца летнего сезона. Результаты анализа представлены в таблице 4.

Из таблицы 4 следует, что наибольшая неустойчивость атмосферы в летний период на всей территории Центрального Черноземья наблюдается в июле, в месяц, характеризующийся максимальным термическим режимом. В июне на всей исследуемой территории вероятность неустойчивого состояния атмосферы составляет в среднем 25–28 %, с наименьшими значениями на северо-западе в Бологом (19.7 %) и максимумом на юге в Кривом Роге (40.1 %).

В июле неустойчивость атмосферы усиливается в среднем до 30–33 % за счет увеличения термического режима территории. Наиболее устойчивое состояние атмосферы наблюдается в Гомеле (27.8 %) и Волгограде (27.1 %). Небольшая повторяемость неустойчивой атмосферы в Волгограде обусловлена преобладающим влиянием отрога Азорского антициклона, оказывающего сильное влияние на эту территорию. Наиболее неустойчивое состояние атмосферы наблюдается в южных районах (Калач – 45.5 %, Кривой Рог – 48.1 %).

Таблица 4. Вероятность неустойчивости атмосферы по индексу LI (*Lifted Index*) в летний период

*Table 4. Probability of atmospheric instability by index LI (*Lifted Index*) in the summer period, %*

Индекс, станция Index, station	LIFT июнь LIFT June	LIFT июль LIFT July	LIFT август LIFT August
33345 Киев / Kyiv	27,5	38,4	26,2
33041 Гомель / Gomel	21,1	27,8	24,7
26781 Смоленск / Smolensk	24,6	32,4	25,3
26477 В. Луки / V. Luki	23,3	31,4	28,8
26298 Бологое / Bologoe	19,7	26,8	20,9
27703 Калуга / Kaluga	23,7	33,8	25,4
27612 Москва / Moscow	24,2	34,6	24,0
27731 Рязань / Ryazan	26,7	41,0	27,1
27459 Н. Новгород / N. Novgorod	23,6	33,9	21,3
27947 Тамбов / Tambov	29,9	36,8	25,3
27962 Пенза / Penza	26,2	31,6	24,5
27995 Безенчук / Bezenchuk	28,2	34,7	23,5
34172 Саратов / Saratov	22,2	30,8	21,6
34560 Волгоград / Volgograd	25,2	27,1	19,5
34009 Курск / Kursk	26,0	34,7	24,6
34122 Воронеж / Voronezh	27,2	31,4	24,3
34247 Калач / Kalach	35,3	45,5	24,3
34731 Ростов-на-Дону / Rostov-on-Don	38,8	37,2	29,6
34300 Харьков / Kharkiv	28,7	32,0	25,8
33791 Кривой Рог / Krivoy Rog	40,1	48,1	24,3
33837 Одесса / Odessa	38,3	41,2	28,3

Разница в вероятности проявления неустойчивости атмосферы во времени (июнь-июль) на западе территории составляет 6-8 % (Гомель – 7 %, В. Луки – 8 %, Смоленск – 8 %, Бологое – 7 %, Рязань – 6 %), в центральных районах до 10 % (Калуга – 10 %, Москва – 10 %, Н. Новгород – 10 %), на северо-востоке территории 5-7 % (Тамбов – 7 %, Пенза – 5 %, Безенчук – 6 %). Такой разброс в распределении параметров неустойчивости атмосферы обусловлен в первую очередь термическим режимом, а также особенностями циркуляции атмосферы. Наибольшая временная разница появления неустойчивого состояния атмосферы наблюдается в Ростове-на-Дону и составляет 14 %, а наименьшая в Волгограде – 2 %.

В августе неустойчивость атмосферы существенно уменьшается, по сравнению с июлем, и колеблется в пределах 21-24 %. Наиболее устойчивое состояние атмосферы наблюдается в Волгограде (19.5 %) из-за сохранения влияния гребня Азорского антициклона, а наиболее неустойчивое состояние атмосферы в августе наблюдается в Ростове-на-Дону (29.6 %).

Заключение

В результате проведенных исследований выявлена зависимость величины загрязняющих веществ от устойчивости атмосферы. Наиболее информативным показателем степени неустойчивости атмосферы представляется LI (*LiftedIndex*). Величина тесноты связи индекса LI (*LiftedIndex*) с пылью составляет 0.48, с диоксидом азота 0.37, с оксидом азота 0.39, а с оксидом углерода -0.35, что соответствует умеренному уровню тесноты связи.

Зимой величина связи канцерогенных веществ, к которым относится формальдегид и сажа, с различными параметрами неустойчивости атмосферы – слабая.

Установлено, что величина тесноты связи поллютантов с индексами неустойчивости атмосферы в значительной степени зависит от термического режима территории и имеет годовой ход с увеличением в летний период.

Летом величина корреляционной связи между поллютантами и индексами неустойчивости атмосферы во многих случаях достигает заметного уровня ($r=0.5-0.7$). Такие результаты наблюдаются у пыли с индексом SI ($r=0.55$), LI (0.50), VT

(0,51). У формальдегида заметный уровень тесноты связи наблюдается с индексом CT (-0.52), с параметрами SI и LI (-0.45). Для пыли и формальдегида теснота связи с индексом $CAPE$ высокая 0.79 и 0.80 – соответственно.

Пространственное распределение вероятности неустойчивой атмосферы имеет вид седловины, где в широтном направлении по линии Смоленск – Волгоград расположена территория с более устойчивым состоянием атмосферы. Вероятность неустойчивого состояния атмосферы в Смоленске составляет 21.0 %, а в Волгограде 17.7 %. В меридиональном направлении с севера на юг (Рязань – Тамбов – Ростов-на-Дону) расположена территория с большей неустойчивостью атмосферы, с преобладанием интенсивных конвективных движений воздуха, с вероятностью проявления неустойчивости в пределах 30 %.

Наибольшая неустойчивость атмосферы в летний период на всей территории Центрального Черноземья наблюдается в июле с максимальным термическим режимом. В июне на всей исследуемой территории вероятность неустойчивого состояния атмосферы составляет в среднем 25-28 %, с наименьшими значениями на северо-западе (Бологое 19.7 %) и максимумом на юге (Кривой Рог 40.1 %).

В июле неустойчивость атмосферы усиливается в среднем до 30-33 %. Наиболее устойчивое состояние атмосферы наблюдается в Гомеле (27.8 %) и Волгограде (27.1 %). Устойчивое состояние атмосферы в Гомеле определяется термическим режимом территории. Небольшая повторяемость неустойчивой атмосферы в Волгограде обусловлена преобладающим влиянием отрога Азорского антициклона, оказывающего сильное влияние на эту территорию летом. Наиболее неустойчивое состояние атмосферы наблюдается в южных районах (Калач – 45.5 %, Кривой Рог – 48.1 %).

В августе неустойчивость атмосферы существенно уменьшается, по сравнению с июлем, и колеблется в пределах 21-24 %.

Установлено, что в течение года на исследуемой территории Центрального Черноземья преобладает устойчивое состояние атмосферы, особенно в зимний период.

Список источников

1. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации: официальный сайт. Москва, 2023. URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/np_ecology/federal_nyu-proekt-chistyuy-vozdukh/ (дата обращения 27.03.2023).
2. Акимов Л. М. Анализ временного распределения средних концентраций антропогенных примесей в г. Воронеже с учетом климатических показателей // *Экология регионов: сборник материалов III юбилейной Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры экологии Владимирского государственного университета*. Владимир: Владимирский государственный университет, 2010. С. 8-12. EDN: OPTKDU
3. Буштуева К. А., Глебова Л. Ф., Измеров Н. Ф. и др. Руководство по гигиене атмосферного воздуха / под ред. К. А. Буштуева. М.: Медицина, 1976. 416 с.
4. Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Ленинград: Гидрометеоздат, 1980. 184 с.
5. Безуглая Э. Ю., Расторгуева Г. П., Смирнова И. В. Чем дышит промышленный город. Ленинград: Гидрометеоздат, 1991. 251 с.
6. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Ленинград: Гидрометеоздат, 1985. 272 с.
7. Куролап С. А., Клепиков О. В., Костылева Л. Н. Экологическая оценка качества воздушного бассейна г. Воронежа // *Экологические системы и приборы*. 2010. № 5. С. 29-34. EDN: MCAFUF
8. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. 2-е изд., доп. Ленинград: Гидрометеоздат, 1984. 560 с.
9. Исаев А. А. Экологическая климатология. 2. изд., испр. и доп. Москва: Научный мир, 2003. 470 с.
10. Turiel I. Indoor air quality and human health. 1985, Stanford, Calif.: Stanford University Press. 188 p.
11. Wilson R. Simple area source algorithm for risk assessment screening. Memorandum to P. Cirrone. 1990. P. 135-137.
12. Акимов Л. М., Виноградов П.М., Акимов Е.Л. Анализ влияния функционально-планировочной структуры города на загрязнение воздушного бассейна // *Экологическая оценка и картографирование состояния городской среды*. Воронеж: Цифровая полиграфия, 2014. С. 55-65. EDN: THDVQN
13. Акимов Л. М. Якушев А.Б., Куролап С.А. Геоэкологическая оценка загрязнения воздушного бассейна автотранспортом в зависимости от состояния атмосферы города Воронежа // *Вестник*

References

1. Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation: official website. Moscow, 2023. URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/np_ecology/federal_nyu-proekt-chistyuy-vozdukh/ (accessed 03.27.2023). (In Russ)
2. Akimov LM. Analysis of the temporal distribution of anthropogenic impurities average concentrations in Voronezh city taking into account climatic indicators. *Ecology of Regions: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 20th Anniversary of the Department of Ecology*. Vladimir State University. Vladimir: Vladimir State University. 2010:8-12. (In Russ). EDN: OPTKDU
3. Bushtueva KA (ed.), Glebova LF, Izmerov NF, et al. Guide to atmospheric air hygiene. Moscow: Medicine, 1976:416. (In Russ)
4. Bezuglaya EYu. Meteorological potential and climatic features of urban air pollution. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980:184. (In Russ)
5. Bezuglaya EYu, Rastorgueva GP, Smirnova IV. What does an industrial city breathe. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991:251. (In Russ)
6. Berlyand ME. Forecast and regulation of atmospheric pollution. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1985:272. (In Russ)
7. Kurolap SA, Klepikov OV, Kostyleva LN. Ecological assessment of the air basin quality in Voronezh. *Ecological Systems and Devices*. 2010(5):29-34. (In Russ). EDN: MCAFUF
8. Israel YuA. Ecology and control of the natural environment state. 2nd ed., enlarged. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1984:560. (In Russ)
9. Isaev AA. Ecological climatology. 2nd ed., revised and enlarged. Moscow: Nauchnyy mir, 2003:470. (In Russ)
10. Turiel I. Indoor air quality and human health. 1985, Stanford, Calif.: Stanford University Press. 188 p.
11. Wilson R. Simple area source algorithm for risk assessment screening. Memorandum to P. Cirrone. 1990. P. 135-137.
12. Akimov LM, Vinogradov PM, Akimov EL. Analysis of the city functional-planning structure influence on the air pollution. *Ecological Assessment and Mapping of the Urban Environment State*. Voronezh: Tsifrovaya poligrafiya, 2014:55-65. (In Russ). EDN: THDVQN
13. Akimov LM, Yakushev AB, Kurolap SA. Geoeological assessment of air pollution by motor vehicles depending on the state of the atmosphere in Voronezh city. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2011(2):158-165. (In Russ). EDN: ONSRST
14. Dyakov SA. Diagnosis and forecast of the atmospheric pollution level: the example of Voro-

Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2011. № 2. С. 158-165. EDN: ONSRST

14. Дьяков С. А. Диагноз и прогноз уровня загрязнения атмосферы: на примере г. Воронежа: дис. ... канд. геогр. наук. Воронеж, 2004. 243 с.

15. Showalter AK. A stability index for thunderstorm forecasting. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1953;34(6):250-252.

16. Galway JG. The lifted index as a predictor of latent instability. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1956:528-529. DOI:10.1175/1520-0477-37.10.528

17. Miller R. C. Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Central. Technical Report 200 (R). Headquarters, Air Weather Service, USAF, 1972. 190 p.

18. РД 52.18.717-2009 Методика расчета рассеяния загрязняющих веществ в атмосфере при аварийных выбросах: дата введения 01.12.2009. Обнинск: ООО «ПРИНТ-СЕРВИС», 2009. 121 с.

nezh: Ph.D. thesis (Geography). Voronezh, 2004:243. (In Russ)

15. Showalter AK. A stability index for thunderstorm forecasting. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1953;34(6):250-252.

16. Galway JG. The lifted index as a predictor of latent instability. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1956:528-529. DOI:10.1175/1520-0477-37.10.528

17. Miller RC. Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Central. Technical Report 200 (R). Headquarters, Air Weather Service, USAF, 1972:190.

18. RD 52.18.717-2009 Methodology for calculating the dispersion of pollutants in the atmosphere during emergency emissions: introduction date 01.12.2009. Obninsk: PRINT-SERVICE OOO, 2009:121. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Акимов Леонид Мусамудинович, заслуженный метеоролог РФ, кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой природопользования, факультет географии, геоэкологии и туризма, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, ak163@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0749-1976>

Акимов Евгений Леонидович, кандидат географических наук, доцент кафедры природопользования, факультет географии, геоэкологии и туризма, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, akimovvsu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4909-4290>

Критерии авторства

Акимов Л. М. – методология, постановка целей и основных задач, анализ корреляционных связей, заключение и выводы по работе, корректирование рукописи до подачи в редакцию; Акимов Е. Л. – написание статьи, графический дизайн, подготовка библиографии и перевод, обзор литературных источников информации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 26.06.2023
Одобрена после рецензирования 28.06.2023
Принята к публикации 30.06.2023

AUTHORS INFORMATION

Affiliations

Leonid M. Akimov, Honored Meteorologist of the Russian Federation, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Head of the Department of Natural Resources, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia, ak163@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0749-1976>

Evgeny L. Akimov, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia, akimovvsu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4909-4290>

Contribution of the authors

Akimov L. M. – methodology, setting goals and main tasks, analysis of correlations and conclusions on the work, correction of the manuscript before submission to the editorial office; Akimov E. L. – writing a paper, graphic design, bibliography preparation and translation, review of literary sources of information.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 26.06.2023
Approved after reviewing 28.06.2023
Accepted for publication 30.06.2023

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 911.2
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-23-33
EDN: LOPKNW

Природно-ресурсный потенциал горных ландшафтов Макажойской котловины (Северо-Восточный Кавказ)

© 2023 Атаев З. В. [✉] 1,2,3, Идрисов И. А. ²

¹ Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова
Махачкала, Россия, zagir05@mail.ru [✉]

² Институт геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН
Махачкала, Россия, zagir05@mail.ru; idris_gun@mail.ru

³ Кабардино-Балкарский научный центр РАН
Нальчик, Россия, zagir05@mail.ru

РЕЗЮМЕ. В статье рассматриваются региональные особенности природных компонентов и ландшафтной структуры Макажойской котловины и ее окрестностей как природно-ресурсный потенциал для развития животноводства в горной зоне Чеченской Республики. **Цели.** Изучение пространственно-временной дифференциации природных компонентов и ландшафтов региона. Выработка практических рекомендаций по рациональному использованию, охране природных ресурсов и хозяйственному освоению территории Горной Чечни для потенциального развития животноводства. **Материал и методы.** Районом исследования явилась территория экспериментального полигона ЧГУ им. А. А. Кадырова на хр. Абдалзабазуль. Применены описательный, сравнительный, геоинформационные методы, фотограмметрии и дешифрирования, в полевых условиях – результаты беспилотных летательных аппаратов. Также использованы литературные и фондовые источники, картографический материал и данные дистанционного зондирования. **Результаты.** В период полевых исследований изучены региональные географические особенности природных компонентов и ландшафтов с точки зрения дальнейшего социально-экономического развития территории, рассмотрены климатические, почвенно-растительные, земельные, водохозяйственные и туристско-рекреационные ресурсы, выявлены актуальные задачи охраны и рационального использования ландшафтов. **Выводы.** Для выработки стратегии последовательных действий по оптимизации ландшафтов выявлена временная специфика типов природопользования природно-территориальных комплексов котловины, обусловленная неоднородным использованием горных пастбищных угодий. Установлены участки с различной степенью ландшафтного разнообразия, связанные с неоднородностью использования местностей. Актуально сохранение лугово-пастбищных ландшафтов для потенциального развития овцеводства в регионе.

Ключевые слова: Чеченская Республика, Макажойская котловина, природные условия, природно-ресурсный потенциал, горные ландшафты, ландшафтное разнообразие, изменения климата, почвенный покров, овцеводство, животноводство, устойчивое развитие.

Благодарность

Исследование выполнено в рамках госзадания ЧГУ им. А. А. Кадырова FECS-2023-0008 «Оценка секвестрационного потенциала горных и предгорных территорий Чеченской Республики для регенеративного животноводства на основе ГИС-технологий».

Формат цитирования: Атаев З. В., Идрисов И. А. Природно-ресурсный потенциал горных ландшафтов Макажойской котловины (Северо-Восточный Кавказ) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 2. С. 23-33. 10.31161/1995-0675-2023-17-2-23-33. EDN: LOPKNW

Natural Resource Potential of the Makazhoy Basin Mountain Landscapes (North-Eastern Caucasus)

© 2023 Zagir V. Ataev ✉^{1,2,3}, Idris A. Idrisov¹

¹ R. Gamzatov Dagestan State Pedagogical University
Makhachkala, Russia, zagir05@mail.ru ✉

² Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center
of the Russian Academy of Sciences

Makhachkala, Russia, zagir05@mail.ru; idris_gun@mail.ru

³ Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Nalchik, Russia, zagir05@mail.ru

ABSTRACT. The article deals with the regional features of the natural components and landscape structure of the Makazhoy basin and its surroundings as a natural resource potential for the development of animal husbandry in the mountainous part of the Chechen Republic. **Aims.** Study of natural components and landscapes spatio-temporal differentiation in the region. Development of practical recommendations for the rational use, natural resources protection and economic development in Mountainous Chechnya for the animal husbandry potential development. **Material and methods.** The research area was the experimental site of A. A. Kadyrov ChSU on the Abdalzubazul Ridge. Descriptive, comparative, geoinformation methods, photogrammetry and decoding were applied, and the results of unmanned aerial vehicles were used in the field. Literary and stock sources, cartographic material and remote sensing data were also used. **Results.** During the field research period, regional geographical features of natural components and landscapes were studied from the point of view of further socio-economic development of the territory, climatic, soil-plant, land, water management and tourist-recreational resources were considered. Urgent tasks of landscape protection and rational use were identified. **Conclusions.** To develop a strategy for consistent actions to optimize landscapes, the temporal specificity of environmental management types for the basin natural-territorial complexes, due to the mountain pastures heterogeneous use, has been identified. It is important to preserve meadow-pasture landscapes for the potential development of sheep breeding in the region.

Keywords: Chechen Republic, Makazhoy basin, natural conditions, natural resource potential, mountain landscapes, landscape diversity, climate change, soil cover, sheep breeding, animal husbandry, sustainable development.

Acknowledgment

The work was supported within the frame-work of Kadyrov CHSU State Task FECS-2023-0008 “Assessment of the sequestration potential of mountain and foothill territories in the Chechen Republic for regenerative livestock farming based on GIS-technology.”

For citation: Ataev ZV, Idrisov IA. Natural Resource Potential of the Makazhoy Basin Mountain Landscapes (North-Eastern Caucasus). *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2023;17(2):23-33 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-23-33. EDN: LOPKNW

Введение

Отказ от традиционной системы отгонного животноводства в горных ландшафтах Северо-Восточного Кавказа, при которой овцы зимой пасутся на подгорных низменностях, а летом перегоняются в горы, привел к значительным культурным потерям и все еще плохо изученным экологическим последствиям в регионе.

Цели статьи – изучение пространственно-временной дифференциации природных компонентов и ландшафтов региона. Выработка практических рекомендаций по рациональному использованию, охране природных ресурсов и хозяйственному освоению территории Горной Чечни для потенциального развития животноводства.

Изучение ландшафтов территории Чечни началось в 60-80-е гг. XX в. В этот период весомый вклад в изучение горных ландшафтов региона внесли А. Е. Федина [1], А. М. Алиева [2], В. В. Братков [3], Н. Л. Беручашвили [3] и др. В начале нынешнего столетия выходит значительное количество публикаций по горным ландшафтам Чеченской Республики, среди которых работы В. В. Браткова [5], З. Ш. Гагаевой [6], А. А. Головлева [7], В. В. Браткова и З. В. Атаева [8], Р. А. Идрисовой [9], Ш. Ш. Заурбекова и др. [10; 11], З. В. Атаева и др. [12; 13], Л. Р. Бекмурзаевой [14; 15], И. А. Байракова [16], А. Н. Гуни и др. [17-19], У. Т. Гайрабекова и М. Т. Гайрабековой [20], Р. А. Гакаева [21], И. А. Байракова и др. [22] и многие другие.

Материал и методы исследования

Работа по изучению природно-ресурсного потенциала горных ландшафтов Чеченской Республики для развития животноводства проводилась в июне 2023 года на ключевых участках экспериментального полигона Чеченского государственного университета им. А. А. Кадырова в Веденском административном районе республики (рис. 1, 2).

Основу работы составляют результаты полевых исследований природных компонентов и ландшафтной структуры Макажойской котловины и ее окрестностей. В камеральный период использованы сравнительно-географический и картографический методы, а также анализ данных литературных и фондовых источников.

Результаты и их обсуждение

Согласно схеме физико-географического районирования Северо-Восточного Кавказа А. Е. Фединой [1], исследованная территория находится в пределах Андийско-Салатаусского района Терско-Андийского округа Северо-Кавказской горной провинции Большого Кавказа. В районе преобладают ландшаф-

ты горно-луговой и горно-лесной высотных зон.

Основными факторами пространственной дифференциации ландшафтов рассматриваемой территории Горной Чечни являются геолого-геоморфологический фактор и климатические условия.

Орографически полигон расположен в Макажойской котловине (рис. 3), крылья которого представляют на севере хр. Кашкерлам (высшая точка – одноименная г. Кашкерлам, максимальной высотой 2806,9 м), на западе – хр. Басхойлам (с одноименной вершиной г. Басхойлам, 2594,2 м) и хр. Хиндойлам (с одноименной высшей точкой г. Хиндойлам, 2658,2 м), на юге – хр. Абдалзабазуль (высшая точка одноименной горы 2604,8 м), на востоке – хр. Гаготытлюры (высшая точка – г. Азаль, 2657,9 м). Высшей точкой этого района является г. Кашкерлам (2806,9 м), низшая точка приходится на место, где с котловины вырывается р. Ансалта (высота уреза – 1331,0 м). Амплитуда колебания высоты местности составляет 1475,9 м. Площадь котловины равна 205 км².

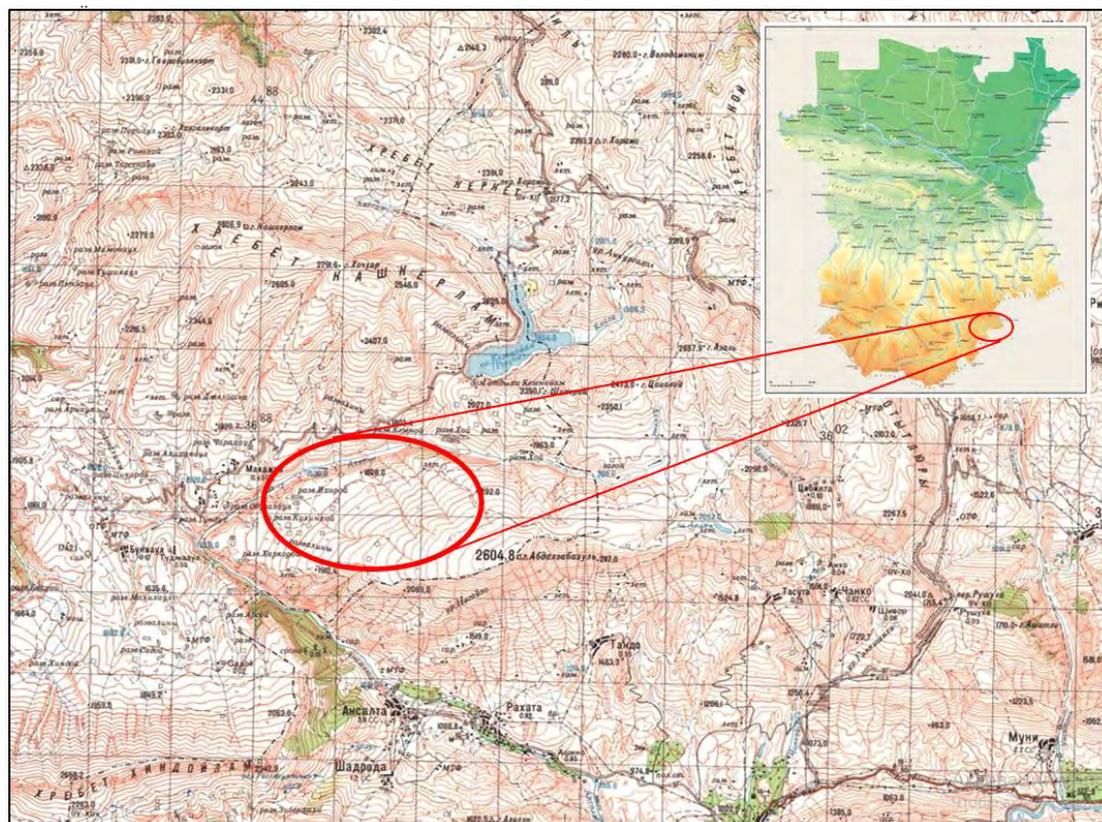


Рис. 1. Географическое положение экспериментального полигона
Fig. 1. Geographical location of the experimental site



Рис. 2. Район расположения экспериментального полигона (Google Earth)
Fig. 2. Location of the experimental site (Google Earth)



Рис. 3. Макажойская котловина. Общий вид с востока. Полигон в левой части рисунка
Фото А. Берсаева
Fig. 3. Makazhoy basin. General view from the East. The polygon is on the left side.
Photo by A. Bersaev

Тектоническая структура представлена синклиальной складкой, осложненной локальными формами, и фактически представляет собой крупнейшее на Кавказе синклинальное плато. Осевая часть складки (плато, котловины) плоская, от

которой к северу и к югу постепенно поднимаются крылья, которые вверх по склону становятся все более крутыми. Поверхность сложена верхнемеловыми известняками, в осевой части синклинали сохранились отложения палеогена.

Эрозионные формы рельефа представлены долинами, протекающими от крыльев к осевой части, вдоль которой формируются ущелья, глубиной первые сотни метров. При прорезании крыльев глубины ущелий резко возрастают до 1000-1500 м. В верхних частях склонов практически повсеместно развиты оползни, широко развиты антропогенные формы рельефа (земледельческие террасы).

На климатические особенности ландшафтов влияют расположение территории на самом юге умеренного климатического пояса, высотный фактор и отгороженность с юга орографическим барьером Главного Кавказского и Бокового хребтов, господство западного переноса воздушных масс. Климат района умеренно континентальный. Зима прохладная. Температура самого холодного месяца (января) составляет $-2,5 - -10$ °С. Лето умеренно теплое. Температура самого теплого месяца (июля) – $14-20$ °С. Среднегодовое количество атмосферных осадков варьирует от 500 до 1000 мм, с максимумом весной и летом. Гидротермический коэффициент равен 2-2,2. Соответственно, рельеф местности влияет на пространственное перераспределение климатических элементов и дифференциацию ландшафтов.

Продуктом климата являются поверхностные и подземные воды. В Макажойской котловине, несмотря на ее незначительные размеры (205 км²), территория относится к бассейнам двух рек – Сулака (Андийское Койсу) и Терека (Шаро-Аргун, Сунжа). Восточную и центральную часть котловины дренирует р. Ансалга, именуемая здесь р. Ахкете, и ее небольшие притоки. Река берет начало на южном склоне г. Азаль, на высоте примерно 2300 м. В оз. Казенойам (Алхар, Голубое) впадают рр. Харсум и Кауха. Крайнюю западную треть котловины дренирует р. Келойахк, правый приток р. Шаро-Аргун. Реки котловины имеют смешанное питание с участием снеговых, дождевых и грунтовых вод. По нижним склонам хребтов и в долинах рек выходят подземные воды в виде родников с пресной водой. Крупные родники расположены в тальвеге р. Ахкете в 1,0 км ниже оползневого тела Казенойам, они представляют собой подземную разгрузку из озера.

Ландшафтная структура котловины имеет высотно-экспозиционную приуроченность. На горно-склоновые урочища

южной экспозиции хребтов Капшерлам, Керкет и Басхойлам приходится примерно 40 % площади. Еще примерно 40 % занимают горно-склоновые урочища северной экспозиции на хребтах Абдалзабазуль и Хиндойлам. Нижняя часть (20 %) синклинальной котловины занята эрозионными комплексами долин и временных водотоков, а также антропогенными селитебными урочищами с примыкающими агроландшафтами (полями в плоской нижней части котловины и террасами вверх по склонам).

Более 70 % территории котловины заняты горно-луговыми урочищами – злаково-разнотравными, разнотравно-злаковыми послелесными и субальпийскими остепненными. Под ними развиты почвы горно-луговые черноземовидные, горно-луговые субальпийские в сочетании с горно-степными. В травяном покрове господствуют костер (*Bromus variegatus*), овсяницы (*Festuca rubra*, *F. varia*), ячмень (*Hordeum violaceum*), мятлик (*Poa meyeri*), осока (*Carex caucasica*), люцерна (*Medicago glutinosa*), вика (*Vicia alpestris*), скабиоза (*Scabiosa gigantea*), буквица (*Betonica grandiflora*), манжетка (*Alchemilla oxysepata*), клеверы (*Trifolium pretense*, *T. repens*, *T. campestre*). На засоренных и вытравленных скотом лугах много щавеля (*Rumex confertus*), чемерицы (*Veratrum Lobelianum*), подорожника (*Plantago lanceolata*), манжетки (*Alchemilla oxysepata*) [23].

Сосновые и березовые леса приурочены к склонам северо-западной экспозиции бортов котловины и склонам северной экспозиции долин. Отмечается быстрое развитие древесного покрова, что наглядно видно при сравнении космоснимков. Под ними сформировались горно-лесные бурые почвы. Леса чередуются с послелесными остепненными злаково-разнотравными лугами и лесными лугами из полевицы белой (*Agrostis alba*), мятлики лугового (*Poa pratensis*), ежи сборной (*Dactylis glomerata*), тимофеевки луговой (*Phleum pratense*), клеверов (*Trifolium pretense*, *T. repens*, *T. campestre*), лапчатки ползучей (*Potentilla reptans*), герани (*Geranium sanguineum*) и др. Под среднегорными лугами развиты луговые черноземные почвы, на террасах сформирован специфический почвенный покров, который последние 80 лет развивается в тренде сближения с горно-луговыми почвами [24].

На склонах северной экспозиции (хр. Хиндойлам, хр. Абдалзабазуль) в послелесных лугах наблюдается значительное возобновление сосновых и сосново-березовых лесов на примитивных подзолистых и горно-лесных коричневых почвах (рис. 4 и 5).

В современном хозяйственном развитии Макажойской котловины наибольшее значение имеет луговая растительность, используемая под летние пастбища и частично под сенокосы. Следует отметить наличие густой сети заброшенных населенных пунктов и связанных с ними пахотных угодий. В период бытования этих пунктов в котловине было широко развито земледелие.

Среди современных примеров критического антропогенного воздействия на природные комплексы можно отметить следующие: активное строительство и расширение автодорог, строительство объектов дестинации туристов, на некоторых участках котловины случаются пожары, ведется разработка известняка для строительных целей. В местах нарушения растительного покрова наблюдается развитие оползней и эрозия почв. В перспективе в районе следует сохранять и восстанавливать леса, улучшать качество горных лугов регламентированным выпасом ско-

та и уничтожением сорняков, вести борьбу с эрозией.

Макажойская котловина имеет значительный потенциал земельных ресурсов для ведения животноводства и земледелия. А. Н. Гуня с соавторами [18] выделяют в этом районе 2 зоны хозяйственной деятельности: среднегорную, где возможна круглогодичная жизнедеятельность, с постоянными селитебными комплексами и земледельческими агроландшафтами (горно-лесные, горно-степные и горно-лугово-степные ландшафты); высокогорно-среднегорную с сезонной жизнедеятельностью в виде отгонно-пастбищного животноводства (горно-луговые ландшафты).

Первая зона с возможной круглогодичной жизнедеятельностью занимает большую часть котловины, представлен значительным распространением агроландшафтов террас (рис. 6), современными (Макажой, Буни, Тунжа-аул) и нежилыми (Хой, Ихорой, Садой, Хиндой, Харкорой, Ариаул и др.) селитебными комплексами. Следует отметить, что максимальная высота распространения земледельческих террас на склоне северной экспозиции (в пределах полигона) доходит до 2000 м, а на склоне южной экспозиции доходит до 2300 м.



Рис. 4. Возобновление подроста сосны. Фото З. Атаева
Fig. 4. Renewal of pine undergrowth. Photo by Z. Ataev



**Рис. 5. Увеличение древесной растительности в пределах полигона.
Верхний снимок – Август 2014 г. Нижний снимок – Август 2021 г.**

*Fig. 5. Increase of woody vegetation within the polygon.
The top figure is August 2014. The bottom one is August 2021*

На вторую зону (с сезонной жизнедеятельностью) приходятся южные склоны хр. Кашкерлам (выше 2200-2400 м, в зависимости от экспозиции склонов) с горнолуговыми ландшафтами.

Террасы в значительной степени трансформировали ландшафты и могут сохраняться в течение многих веков после прекращения их использования по первоначальному назначению в качестве пашни [24]. В настоящее время подавляющая часть подобных террас в разных регионах

Кавказа (Ставропольский край, Кабардино-Балкария, Северная Осетия, Ингушетия, Чечня, Дагестан) используется в качестве пастбищ и сенокосов. При этом специфические особенности террас, в частности затрудненный сток и избыточное увлажнение относительно природных склонов, способствуют прогрессивному зарастанию древесной растительностью. В условиях сокращения выпаса эти процессы идут со значительной скоростью.

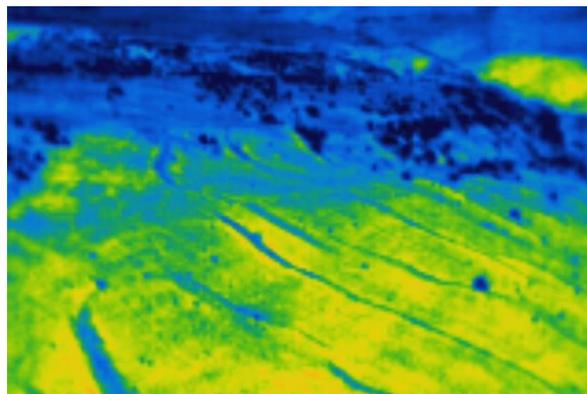


Рис. 6. Агрландшафты террасированных склонов Макажойской котловины.

Фото и тепловой снимок И. Идрисова

Fig. 6. Agricultural landscapes of the Makazhoy basin terraced slopes.

Photo and thermal image by I. Idrisov

Природное и культурно-историческое наследие Макажойской котловины, наличие удобных и доступных для агрохозяйственной обработки террасированных склонов, асфальтированной автомобильной дороги до оз. Казенойам и аула Хой выступают импульсом устойчивого развития региона. Этому же способствует вхождение территории в состав Аргунского историко-архитектурного и природного музея-заповедника.

Заключение

Проведенный анализ последствий современных методов выпаса овец в горных ландшафтах Чеченской Республики показал неоднородное использование горных пастбищных угодий в конце XX – начале XXI в. Районы, наиболее часто используемые под овцеводство, отличались большим количеством пастбищных выбоин, меньшими площадями лесов и ландшафтной структурой, чем те, на которых не проявлялась пастбищная дигрессия. При этом следует отметить, что природопользование котловины в течение последних 100 лет прошло три крупных этапа: интенсивное земледелие и животноводство до 1940-х гг.; резкое расширение жи-

вотноводства и прекращение земледелия до 1990-х гг.; прогрессивное сокращение животноводства до 2020-х гг.

Аналогичным образом обнаружены тенденции к снижению ландшафтного разнообразия на тех участках, которые не использовались овцами в течение периода исследования, в то время как неоднородность ландшафта сохраняется на тех участках, где пасутся овцы.

Наше исследование представляет собой оригинальный анализ ландшафтных моделей и изменений в связи с интенсивным выпасом овец с использованием новых подходов, которые сочетают полевые исследования ключевых участков, обновленные спутниковые временные ряды и современные методы ландшафтного анализа (ГИС-технологии). Аналогичным образом, наши результаты являются ориентиром на перспективу, поскольку они свидетельствуют о важности сохранения обширных пастбищ для овцеводства. Это важно, если мы стремимся сохранить культурное наследие горного этноса, традиционный колорит разнообразия ландшафтов и полустепенные луга в горах Северо-Восточного Кавказа.

Список источников

1. Федина А. Е. Физико-географическое районирование восточной части северного склона Большого Кавказа // Ландшафтное картографирование и физико-географическое районирование горных областей. М.: Изд-во Московского ун-та, 1972. С. 5-96.
2. Алиева А. М. Горные ландшафты Чечено-Ингушетии // Материалы по изучению Чечено-Ингушской АССР. Грозный: Чечено-Ингушское книжное изд-во, 1975. С. 9-16.

References

1. Fedina AE. Physico-geographical zoning of the eastern part of the Greater Caucasus Northern Slope. *Landscape Mapping and Physico-Geographical Zoning of Mountain Regions*. Moscow: Moscow University, 1972:5-96. (In Russ).
2. Alieva AM. Mountain landscapes of Chechen-Ingushetia. *Materials on the study of the Checheno-Ingush ASSR*. Grozny: Checheno-Ingush Book Publ., 1975:9-16. (In Russ).

3. Братков В. В. Ландшафтно-геофизический анализ природно-территориальных комплексов Северо-Восточного Кавказа: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Тбилиси, 1992. 24 с.
4. Беручашвили Н. Л. Кавказ: ландшафты, модели, эксперименты. Тбилиси: Изд-во ТГУ, 1995. 315 с.
5. Братков В. В. Пространственно-временная структура ландшафтов Большого Кавказа: дисс. ... доктора геогр. наук. Ростов-на-Дону, 2002. 335 с. EDN: QDQHKR
6. Гагаева З. Ш. Ландшафтная структура и мелкомасштабное ландшафтное картографирование территории Чеченской Республики (на основе дистанционной съёмки): дисс. ... канд. геогр. наук. М., 2004. 210 с. EDN: NMYNFH
7. Головлев А. А. Горные ландшафты Чеченской Республики и особенности их освоения: автореф. дисс. ... докт. геогр. наук. Воронеж, 2005. 39 с. EDN: NJUZJN
8. Братков В. В., Атаев З. В. Высокогорные луговые ландшафты Северо-Западного и Северо-Восточного Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2009. № 2 (7). С. 93-103. EDN: KXDZNF
9. Идрисова Р. А. Ландшафты Чеченской Республики: пространственная структура и особенности селитебной нагрузки: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Нальчик, 2009. 24 с. EDN: ZNYXJZ
10. Заурбеков Ш. Ш., Бекмурзаева Л. Р., Братков В. В. Оценка изменений современных агроклиматических условий природных ландшафтов Чеченской Республики // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2016. Т. 10. № 2. С. 83-92. EDN: WXOVOF
11. Заурбеков Ш. Ш., Братков В. В., Бекмурзаева Л. Р. Геоэкологическая оценка антропогенной модификации ландшафтов Чеченской Республики // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2010. № 1 (10). С. 86-91. EDN: MRYCEF
12. Атаев З. В., Заурбеков Ш. Ш., Братков В. В. Современная селитебная освоенность ландшафтов Северо-Восточного Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2010. № 1 (10). С. 71-74. EDN: MRYCCH
13. Атаев З. В., Братков В. В. Горно-котловинные ландшафты Северо-Восточного Кавказа: современные климатические изменения и сезонная динамика. Махачкала: ДГПУ, 2011. 127 с. EDN: QKKDHN
14. Бекмурзаева Л. Р. Геоэкологическая оценка опасных природных процессов в ландшафтах Чеченской Республики методами ГИС-технологий: дис.
3. Bratkov VV. Landscape-geophysical analysis of natural-territorial complexes in the North-Eastern Caucasus: Author's abstract of Ph.D. (Geography). Tbilisi, 1992:24. (In Russ).
4. Beruchashvili NL. Caucasus: landscapes, models, experiments. Tbilisi: TSU, 1995:315.
5. Bratkov VV. Spatial and temporal structure of the Greater Caucasus landscapes. Dr. Sci. (Geography) diss. Rostov-on-Don, 2002:335. (In Russ). EDN: QDQHKR
6. Gagaeva ZSh. Landscape structure and small-scale landscape mapping of the Chechen Republic territory (based on remote survey): Ph.D. thesis (Geography). Moscow, 2004:210. (In Russ). EDN: NMYNFH
7. Golovlev AA. Mountain landscapes of the Chechen Republic and features of their development: Author's abstract of Dr. Sci. (Geography). Voronezh, 2005:39. (In Russ). EDN: NJUZJN
8. Bratkov VV, Ataev ZV. High-altitude meadow landscapes of the North-Western and North-Eastern Caucasus. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2009(2)7:93-103. (In Russ). EDN: KXDZNF
9. Idrisova RA. Landscapes of the Chechen Republic: spatial structure and features of residential load: Author's abstract of Ph.D. (Geography). Nalchik, 2009:24. (In Russ). EDN: ZNYXJZ
10. Zaurbekov ShSh, Bekmurzayeva LR, Bratkov VV. Assessment of changes in current agroclimatic conditions of the Chechen Republic natural landscapes. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2016;10(2):83-92. (In Russ). EDN: WXOVOF
11. Zaurbekov ShSh, Bratkov VV, Bekmurzayeva LR. Geocological assessment of anthropogen modification of the Chechen Republic landscapes. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2010(1(10):86-91. (In Russ). EDN: MRYCEF
12. Ataev ZV, Zaurbekov ShSh, Bratkov VV. Current residential development of the North-Eastern Caucasus landscapes. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2010(1(10):71-74. (In Russ). EDN: MRYCCH
13. Ataev ZV, Bratkov VV. Mountain-hollow landscapes of the North-Eastern Caucasus: current climatic changes and seasonal dynamics. *Ma-khachkala: DSPU*, 2011:127. (In Russ). EDN: QKKDHN
14. Bekmurzayeva LR. Geocological assessment of hazardous natural processes in the landscapes of the Chechen Republic using GIS technologies: Ph.D. thesis (Geography). Moscow, 2011:167. (In Russ). EDN: QFEMOX
15. Bekmurzayeva LR, Zaurbekov ShSh, Bratkov VV. Variability of agroclimatic conditions in the

... канд. геогр. наук. М., 2011. 167 с. EDN: QFEMOX

15. Бекмурзаева Л. Р., Заурбеков Ш. Ш., Братков В. В. Изменчивость агроклиматических условий Чеченской Республики в условиях меняющегося климата // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2020. Т. 14. №3. С. 81-87. DOI 10.31161/1995-0675-2020-14-3-81-87. EDN: KMPFKY

16. Байраков И. А. Ландшафтно-экологическая диагностики геосистем Северо-Восточного Кавказа (на примере Чеченской Республики): автореф. дис. ... доктора геогр. наук. Пермь, 2012. 39 с.

17. Гуня А. Н., Гайрабеков У. Т. Физико-географическая дифференциация Чеченской Республики: важнейшие структурные элементы и границы // Проблемы региональной экологии. 2013. № 6. С. 66-70. EDN: RZPONF

18. Гуня А. Н., Гайрабеков У. Т., Гагаева З. Ш., Джабраилов С.-Э. М. Освоение горных ландшафтов: пример территории Аргунского историко-архитектурного и природного музея-заповедника (Чеченская Республика) // Вестник Чеченского государственного университета им. А. А. Кадырова. 2016. № 4 (24). С. 67-76. EDN: XCNEJ

19. Гуня А. Н., Гайрабеков У. Т., Гагаева З. Ш. Изучение ландшафтной структуры для оценки углеродного баланса горных экосистем // Геология и геофизика Юга России. 2022. № 12 (3). С. 170-181. DOI 10.46698/VNC.2022.48.65.012. DOI: 10.46698/VNC.2022.48.65.012. EDN: PIIBKN

20. Гайрабеков У. Т., Гайрабекова М. Т. Структура и особенности природных ландшафтов Чеченской Республики // Вестник Чеченского государственного университета им. А. А. Кадырова. 2014. № 1. С. 159-166. EDN: TIWWCL

21. Гакаев Р. А. Высокогорные ландшафты Чеченской Республики и закономерности их распространения // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). С. 327-331. EDN: UCRLDB

22. Байраков И. А., Идрисова Р. А., Мантаев Х. З. Современное состояние и экологические функции горно-лесных ландшафтов Чеченской Республики // Успехи современной науки. 2016. Т. 2. № 7. С. 157-160. EDN: WHMWRJ

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

24. Борисов А. В., Каширская Н. Н., Ельцов М. В., Пинской В. Н., Плеханова Л. Н., Идрисов И. А. Почвы древних земледельческих террас Восточного Кавказа // Почвоведение. 2021. № 5. С. 542-557. DOI 10.31857/S0032180X2105004X. EDN: KPKPJD

Chechen Republic under conditions of a changing climate. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact sciences.* 2020;14(3):81-87. (In Russ). DOI 10.31161/1995-0675-2020-14-3-81-87. EDN: KMPFKY

16. Bayrakov IA. Landscape and ecological diagnostics of geosystems in the North-Eastern Caucasus (on the example of the Chechen Republic): Author's abstract of Dr. Sci. (Geography). Perm, 2012:39. (In Russ).

17. Gunya AN, Gayrabekov UT. Physiographic differentiation of the Chechen Republic: the major structural elements and boundaries. *Regional Environmental Issues.* 2013(6):66-70. (In Russ). EDN: RZPONF

18. Gunya AN, Gayrabekov UT, Gagaeva ZSh, Dzhabrailov S-EM. Development of mountain landscapes: the case of the territory argun historical, architectural and natural museum-reserve (Chechen Republic). *Journal of A. A. Kadyrov Chechen State University.* 2016. No. 4 (24). Pp. 67-76. (In Russ). EDN: XCNEJ

19. Gunya AN, Gayrabekov UT, Gagaeva ZSh. Study of landscape structure to estimate carbon balance of mountain ecosystems. *Geology and Geophysics of the South of Russia.* 2022(12(3):170-181. (In Russ). DOI: 10.46698/VNC.2022.48.65.012. EDN: PIIBKN

20. Gayrabekov UT, Gayrabekova MT. Structure and features of the Chechen Republic natural landscapes. *Journal of A. A. Kadyrov Chechen State University.* 2014(1):159-166. (In Russ). EDN: TIWWCL

21. Gakaev RA. High-mountain landscapes in the Chechen Republic and patterns of their distribution. *Young Scientist.* 2015(15(95):327-331. (In Russ). EDN: UCRLDB

22. Bayrakov IA, Idrisova RA, Mantaev KhZ. The current state and ecological functions of mountain and forest landscapes of the Chechen Republic. *Successes of Modern Science.* 2016;2(7):157-160. (In Russ). EDN: WHMWRJ

23. Shiffers EV. Vegetation of the North Caucasus and its natural feeding grounds. Moscow-Leningrad: The USSR Academy of Sciences, 1953. 400 p. (In Russ).

24. Borisov AV, Kashirskaya NN, Yeltsov MV, Pinsky VN, et al. Soils of ancient agricultural terraces of the Eastern Caucasus. *Pochvovedenie.* 2021(5):542-557. (In Russ). DOI 10.31857/S0032180X2105004X. EDN: KPKPJD

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

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

Идрисов Идрис Абдулбутаевич, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия, idris_gun@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7880-9016>

Критерии авторства

Атаев З. В. – разработка методологии, анализ данных литературных и фондовых источников, полевые исследования, фотодокументирование, подготовка и редактирование статьи; Идрисов И. А. – полевые исследования, облет территории квадрокоптером, работа с картографическим материалом.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Статья поступила в редакцию 26.06.2023
Одобрена после рецензирования 28.06.2023
Принята к публикации 30.06.2023*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

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

Idris A. Idrisov, Ph.D. (Geography), Leading Researcher, Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia, idris_gun@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7880-9016>

Contribution of the authors

Ataev Z. V. – methodology development, analysis of literary and stock sources, field research, photo documentation, preparation and article editing; Idrisov I. A. – field research, flying around the territory with a quadcopter, working with cartographic material.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

*The article was submitted 26.06.2023
Approved after reviewing 28.06.2023
Accepted for publication 30.06.2023*

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 911.3:379.85
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-34-44
EDN: LVCLRI

Анализ и синтез моделей рекреационных систем

© 2023 Забураева Х. Ш.^{✉ 1}, Шаипова А. А.^{1,2}, Алиева Х. А.-В.^{1,2}

¹ Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова РАН
Грозный, Россия, eveggne@mail.ru[✉]; aminashaipova393@mail.ru; xavaalieva@mail.ru

² Грозненский государственный нефтяной технический университет
им. ак. М. Д. Миллионщикова
Грозный, Россия, aminashaipova393@mail.ru; xavaalieva@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Актуальность работы определяется тем, что исследование концептуальных подходов к разработке рекреационных систем имеет важное теоретическое и практическое значение в стратегическом планировании развития территорий. Данные разработки могут иметь мультипликативный эффект как в социально-экономическом благополучии, так и с позиций геоэкологической безопасности. **Цель** работы – анализ и синтез современных отечественных и зарубежных моделей рекреационных систем с обоснованием их роли в более устойчивом (сбалансированном) развитии регионов. **Методы** исследования – анализ, синтез, контент-анализ, исторический метод и метод экспертных оценок, сравнительно-географический и геосистемный подходы, ГИС-технологии. **Результаты.** Сравнительный анализ отечественных и зарубежных моделей территориальных рекреационных систем выявил некоторые сходства и различия в концептуальных взглядах исследователей к проблеме их разработки. Сходство большинства моделей заключается в том, что в основе их разработки преобладает геосистемный подход, а исследования последних лет ориентированы на разработку моделей в контексте устойчивого развития территории. В зарубежной практике доминируют модели экономико-управленческого характера и зачастую они нацелены на решение конкретных частных задач. Отечественные модели преимущественно связаны с решением более масштабных задач и характеризуются социальной и медико-биологической направленностью. **Выводы.** Моделирование таких сложных систем как рекреационные, должно осуществляться на основе современных теоретико-методологических подходов и методов с учетом особенностей территории. Эффективность моделирования рекреационных систем, отвечающих принципам концепции сбалансированного природопользования, будет способствовать формированию благоприятного инвестиционного климата, повышению конкурентоспособности туристических продуктов, переходу индустрии туризма и рекреации на инновационный путь развития.

Ключевые слова: рекреационные системы, моделирование, устойчивое развитие, сбалансированное природопользование, рекреация, рекреационные ресурсы.

Благодарность: исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-17-00218 «Экологический туризм и рекреационное природопользование на Северо-Восточном Кавказе».

Формат цитирования: Забураева Х. Ш., Шаипова А. А., Алиева Х. А.-В. Анализ и синтез моделей рекреационных систем // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 2. С. 34-44. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-34-44
EDN: LVCLRI

Analysis and Synthesis of Recreational Systems Models

© 2023 Khava Sh. Zaburaeva^{✉ 1}, Aminat A. Shaipova^{1,2}, Khava A.-V. Alieva^{1,2}

¹ Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences
Grozny, Russia, eveggne@mail.ru[✉]; aminashaipova393@mail.ru; xavaalieva@mail.ru

² Millionshchikov Grozny State Oil Technical University
Grozny, Russia, aminashaipova393@mail.ru; xavaalieva@mail.ru

ABSTRACT. The relevance of the paper is determined by the fact that the study of conceptual approaches to the development of recreational systems is of great theoretical and practical importance in the strategic planning of the territories development. These developments can have a multiplier effect both in terms of socio-economic well-being and in terms of geoecological safety. The **aim** of the paper is to analyze and synthesize modern domestic and foreign models of recreational systems with substantiation of their role in a more sustainable (balanced) development of regions. **Methods** of research are analysis, synthesis, content analysis, historical method and expert assessments, comparative geographical and geosystem approaches, GIS technologies. **Results.** A comparative analysis of domestic and foreign models of territorial recreational systems revealed some similarities and differences in the conceptual views of researchers on the problem of their development. The similarity of most models lies in the fact that the basis of their development is dominated by the geosystem approach, and recent studies are focused on the development of models in the context of the territory sustainable development. In foreign practice, models of an economic and managerial nature dominate, and often they are aimed at solving specific particular problems. Domestic models are mainly associated with the solution of larger-scale problems and are characterized by a social and biomedical orientation. **Conclusions.** Modeling of such complex systems as recreational systems should be carried out on the basis of modern theoretical and methodological approaches and methods, taking into account the territory characteristics. The effectiveness of recreational systems modeling that comply with the principles of the balanced nature management concept will contribute to the formation of a favorable investment climate, increase the tourism products competitiveness, transition of the tourism and recreation industry to an innovative development path.

Keywords: recreational systems, modeling, sustainable development, balanced nature management, recreation, recreational resources.

Acknowledgment: The research was supported by the Russian Science Foundation (Project No. 23-17-00218 "Ecological tourism and recreational nature management in the North-East Caucasus").

For citation: Zaburaeva KhSh, Shaipova AA, Alieva KhA-V. Analysis and Synthesis of Recreational Systems Models. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2023;17(2):34-44 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-1-34-44. EDN: LVCLRI

Введение

Теоретико-методологические основы проектирования и развития рекреационных систем различного уровня и ранга исследованы в трудах отечественных [1-7] и зарубежных [8-13] ученых. Тем не менее, вопросы методического обеспечения туристской рекреационной деятельности остаются актуальными ввиду их недостаточной проработанности и необходимости реагирования на современные вызовы [14; 15].

Рекреационная система – комплексное понятие, которое зачастую трактуется в качестве базовой модели рекреационной деятельности, нацеленной на поддержание или восстановление физических и духовных сил [16]. Поскольку обсуждаемое понятие по сути своей внеграницей, для анализа и синтеза рекреационных моделей в работе используется понятие «территориальная рекреационная система» как частный случай универсальной рекреационной системы, переведенной в «географическую плоскость» [17; 18].

Цель данного исследования – анализ и синтез современных отечественных и зарубежных моделей рекреационных систем с

обоснованием их роли в более устойчивом (сбалансированном) развитии регионов.

Материалы и методы исследования

В работе использованы методы анализа, синтеза, контент-анализ, исторический метод и метод экспертных оценок, сравнительно-географический и геосистемный подходы. Графический материал создавался с помощью программы Corel DRAW. Информационной основой работы послужили фундаментальные труды отечественных и зарубежных исследователей в области рекреации и туризма.

Результаты и их обсуждение

Сушность и структура территориальной рекреационной системы

В разработку концептуальных основ формирования и развития территориальных рекреационных систем (ТРС) значительный вклад внесли В. С. Преображенский, Ю. А. Веденин, М. А. Саранча, Н. С. Мироненко, И. Т. Твердохлебов, А. И. Зырянов, А. М. Трофимов, Л. Ю. Мажар и многие др. [15; 17-23]. Понятие «территориально-рекреационная система» было введено в научный обиход В. С. Преображенским в 60-70-е гг. XX в. [7].

Анализ отечественных и зарубежных подходов к трактовке обсуждаемого понятия выявил их многообразие и неоднородность [18; 24-26]. В одном из фундаментальных в становлении отечественной рекреационной географии трудов под рекреационной системой подразумевалось гетерогенная по составу социальная географическая система, состоящая из взаимосвязанных элементов (природные и культурные комплексы, отдыхающие, обслуживающий персонал, материально-техническая база и органы управления) [18]. В работе [24] территориальная рекреационная система определена в качестве сложной, иерархично подчиненной и взаимосвязанной совокупности компонентов, призванной обеспечивать восстановление жизненных сил человека и удовлетворять социальные потребности.

О. В. Гладкий и Т. В. Мирзодаева [27] интерпретируют рекреационную систему как сложную геосистему, включающую природную, социальную, технологическую подсистемы, играющую важную роль в воспроизводстве психологических и физиологических сил человека. В этом же направлении можно отметить работы Л. Ю. Мажар, О. Б. Поповой, И. А. Подосеновой и других, определяющих ТРС в качестве сложных геосистемных образований [15; 21; 22; 28].

Все многообразие подходов к определению ТРС объединяет тот факт, что все исследователи признают сложную гетерогенную структуру рекреационных систем и необходимость научно обоснованных подходов к их формированию и управлению. Этим обусловлено зарождение различных концепций и подходов к изучению рекреационных систем. В их числе: геосистемный; гуманитарный; социально-географический; пространственно-временной; функциональный и территориальный [5; 28]. Элементы системного подхода, позволяющего изучать структуру и системообразующие связи в рекреационных системах, использованы в работах В. И. Азара, А. Ю. Александровой, И. В. Зорина, Л. Ю. Мажар и многих других [22; 28]. В числе зарубежных исследователей, развивающих системный подход в анализе рекреационных систем, Н. Koorts, Р. М. Salmon, С. Т. V. Swain, G. A. Stone, R. J. Gagnon, В. А. Garst, Н. Р. Pinckney и др. [29; 30].

Сложность анализа ТРС обусловлена и тем, что невозможно моделировать и делать прогнозы их состояния в будущем только лишь на основе оценки текущего положения. В научной литературе используется принцип контринтуитивного поведения [26]. То есть сложная по структуре система способна зачастую самым неожиданным образом реагировать на внешние факторы. Определяющим фактором выделяют буферную емкость рекреационной системы.

ТРС обладают целым рядом свойств, которые следуют учитывать при их анализе: целостность, универсальность, динамичность, иерархичность, комфортность, устойчивость, геотериальная индивидуальность, топологичность, неперемещаемость и др. [22; 27; 31]. Кроме того, ТРС подвержены трансформационным процессам во времени [32]. На формирование ТРС оказывает влияние множество факторов: рекреационные потребности человека, геотериальные, демографические, социально-психологические, экономические, геополитические, инфраструктурные, материально-бытовые, медико-санитарные, экологические и др. [21].

Как уже было отмечено, ТРС представляет собой сложное образование, состоящее из множества подсистем. Основу любой ТРС формируют рекреационные ресурсы, включающие как природные ресурсы, так и социальные, культурные объекты. Существует множество подходов к классификации рекреационных ресурсов с особым акцентом на те или иные структурные элементы [16; 20; 31; 33; 34]. На наш взгляд наиболее полно разновидности рекреационных ресурсов отражает классификация на основе выделения природных, культурно-исторических, социально-экономических и информационных ресурсов (рис. 1).

Концепция территориальных рекреационных систем, разработанная В. С. Преображенским, внесла неоценимый вклад в развитие рекреационной географии и формирование ее методологического аппарата. До настоящего времени она служит теоретической основой исследований пространственной организации ТРС. Модель ТРС по В. С. Преображенскому включает ряд взаимосвязанных подсистем: группа отдыхающих, природные и культурные комплексы, технические системы, группы обслуживающего персона-

ла и органы управления [18]. В рамках этой сложной территориальной рекреационной системы и осуществляется рекреационная деятельность (рис. 2).

В работе О. Б. Поповой и И. А. Подосеновой [28] к подсистемам ТРС отнесены следующие:

1) отдыхающие;

2) природные рекреационные комплексы;

3) культурно-исторические и архитектурно-рекреационные комплексы;

4) культурно-рекреационное хозяйство;

5) управление;

6) обслуживающие отрасли и персонал.



Рис. 1. Виды рекреационных ресурсов (составлено и дополнено авторами по [16; 34])
 Fig. 1. Types of recreational resources (compiled and supplemented by authors according to [16, 34])



Рис. 2. Территориальная рекреационная система (составлена на основе базовой модели рекреационной системы В.С. Преображенского)
 Fig. 2. Territorial recreational system (compiled according to the basic model Of VS. Preobrazhensky's recreational system)

Выделяют различные типы рекреационных систем в зависимости от признаков классификации. По функциям рекреационной деятельности выделяют: лечебный, оздоровительный, спортивный, когнитивный типы [27]. В зависимости от доминирования в организации отдыха природной и технической составляющей – урбанизированные и неурбанизированные системы [7]. Территориальный подход позволяет выделять ТРС мирового значения, национального, районного и пригородного, а также городского значения.

На базе административного деления принято выделять три уровня ТРС [1]. Нижний уровень образуют элементарные ТРС, которые формируются в пределах муниципальных единиц в виде компактно расположенных экскурсионных объектов, рекреационных зон и предприятий. ТРС регионального уровня формируются муниципальными ТРС в границах отдельного региона (субъекта). ТРС национального значения образуются региональными ТРС. По мнению И. В. Андреевой и И. Н. Ротановой [1], формированию и функционированию региональной ТРС, нацеленной на эффективное использование природно-ресурсного потенциала и рекреационных возможностей территории, будет способствовать создание муниципальных ТРС.

Типология моделей рекреационных систем

Моделирование рекреационных систем нацелено на оптимизацию туристско-рекреационной деятельности, модернизацию структуры и механизма управления рекреационными системами и обеспечение экологически безопасных условий рационального природопользования. Анализ трудов отечественных и зарубежных ученых, исследующих проблемы пространственной организации туризма и рекреации, выявил множество моделей ТРС, которые преимущественно разработаны во второй половине XX в. Прослеживается эволюция взглядов на их содержание и структуру [35].

Базовая модель ТРС, разработанная в свое время В. С. Преображенским, послужила фундаментом для формирования множества частных моделей (рис. 3). Ее универсальность заключается в нейтральности относительно к другим концепциям [21]. Эта модель одновременно характеризуется простотой структуры и всеохватностью, поскольку включает элементы си-

стемы «природа-население-хозяйство». В модели, предложенной В. И. Новиковой на основе базисной модели В. С. Преображенского, каждый из пяти структурных элементов ТРС (рекреанты, рекреационные ресурсы, рекреаторы, инфраструктура, руководящие органы) представляет собой самостоятельную систему, взаимодействующую с другими подобными системами, формирующие более сложное образование [24].

Модели ТРС различаются в зависимости от целей, задач и подходов, применяемых к их разработке. Так, модели могут создаваться для задач управления особо охраняемыми природными территориями и с целью достижения баланса между сохранением природы и рекреационными возможностями территории [13], с целью оптимизации рекреационной системы для уменьшения конфликтов на общественных землях [12], оценки «топографической устойчивости» троп, во избежание превышения допустимых рекреационных нагрузок на природные системы [11]. К примеру, И. А. Киселева и А. М. Трамова [2] основной акцент делают на экономико-математических моделях, учитывающих специфику конъюнктуры туристского рынка.

Моделирование ТРС требует использования новейших методик исследования, включая современные геоинформационные технологии [36; 37]. Технологии геоинформационного моделирования позволяют проводить полномасштабные исследования территории и оценивать туристско-рекреационный потенциал. С их помощью в работе [38] для оценки туристической привлекательности анализировались 17 критериев, объединенные в группы:

- 1) природные факторы;
- 2) социальные;
- 3) исторические;
- 4) объекты отдыха и торговли;
- 5) инфраструктура, продукты питания и жилье.

М. С. Обориным и М. Ю. Шерешевой [4] разработана информационная модель курортно-рекреационной системы малых городов и районных центров с использованием ГИС-технологий. Как справедливо отмечают Е. В. Червяков и И. М. Мамадаев, в индустрии туризма возможно использование всего многообразия новейших информационных технологий от

специализированных программных продуктов и систем бронирования до применения глобальных компьютерных сетей. Ими предложен один из инвариантов геоинформационной модели ТРС [36].

Методы компьютерного моделирования в изучении рекреационных систем достаточно успешно применялись и три десятилетия назад. К примеру, О. А. Щербиной [39] разрабатывались оптимизационные модели для Крыма. В работе [40] предложена модель рекреационной систе-

мы на основе метода системной динамики, которой присущи логичность, простота, гибкость и другие свойства.

Е. В. Онищенко с соавторами [25] разработали динамическую модель развития ТРС, нацеленную на устойчивое воспроизводство регионального туристского продукта, включающую ряд подсистем (туристско-рекреационные ресурсы, система управления туристским сектором экономики и др.).

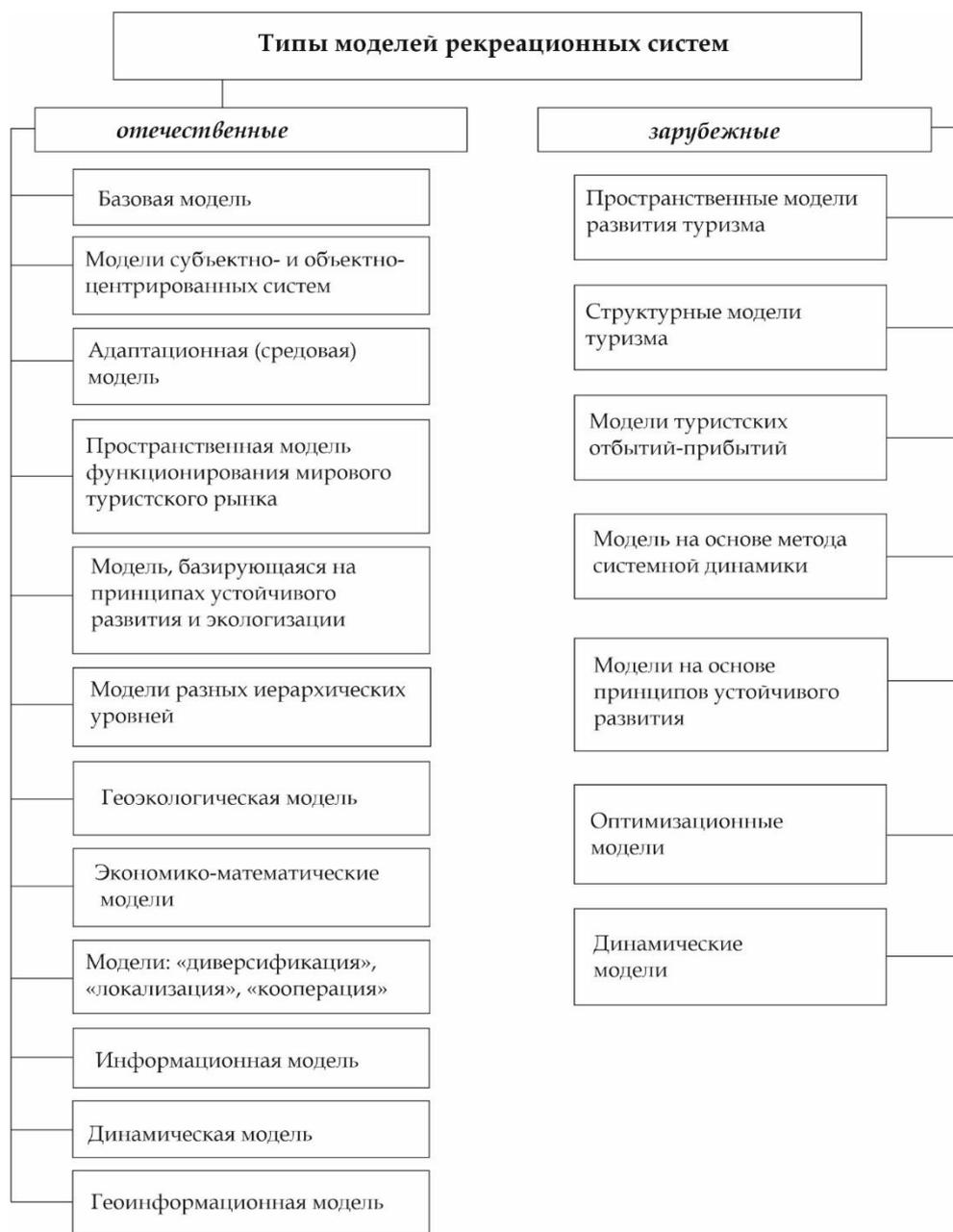


Рис. 3. Модели рекреационных систем

(составлено Х.Ш. Забураевой по [1-4; 6; 11; 12; 18; 28; 29; 35; 36; 40])

Fig. 3. Recreational systems models (compiled by KhSh. Zaburaeva according to [1-4; 6; 11; 12; 18; 28; 29; 35; 36; 40])

Согласно структурной модели, разработанной другим авторским коллективом [41], формирование рекреационных систем во многом определяется экономическими возможностями региона и особенностями региональной политики в туристско-рекреационной сфере. В Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова разработана адаптационная (средовая) модель рекреационной системы, в которой применен гуманитарный подход [28].

Моделирование ТРС на муниципальном уровне имеет свои особенности и его эффективность отражается на всей ТРС регионального уровня. В. А. Минаев с соавторами [3] предложили модели: «диверсификация», «ситуативная», «локализация», «кооперация», призванные повысить оперативность и эффективность управления рекреационными системами на муниципальном уровне.

Е. В. Коньшев [31] разработал пространственную модель ТРС на основе формирования туристско-рекреационного каркаса, состоящего из опорных точек и доминант-туристско-рекреационных кластеров. Каркасный подход использован и Д. М. Астаниным, который в интегральном туристском каркасе, состоящем из совокупности транспортного, природно-рекреационного, этнокультурного и экологического каркасов, видит основу устойчивого развития территории [42]. В работе [1] акцент сделан на геоэкологической модели туристско-рекреационного развития территории.

Зарубежные исследователи делают упор на моделях: оптимального размещения загородных рекреационных центров для удовлетворения рекреационных по-

требностей населения крупного промышленного узла; оптимизационных моделях рекреационных систем на различных иерархических уровнях; моделях линейного программирования; динамических моделях и др., т. е., как правило, нацелены на решение частных задач [10; 12; 13; 27; 32; 40].

Заключение

Изучение сущности рекреационных систем и особенностей их пространственной организации имеет важное теоретическое и практическое значение. Единой универсальной модели формирования и развития рекреационных систем, на наш взгляд, не существует. Мировой опыт включает множество альтернативных моделей ТРС, различающихся по содержанию, структуре. Моделирование ТРС на любом уровне должно осуществляться на основе современных теоретико-методологических подходов и методов с учетом особенностей территории в различных масштабах (локальных, региональных, национальных). Эффективность моделирования рекреационных систем на разных иерархических уровнях, отвечающих принципам концепции сбалансированного природопользования [43], т. е. ориентированных на сбалансированное соотношение использования, охраны и воспроизводства рекреационных ресурсов, учитывающих рекреационную емкость территории, будет способствовать формированию благоприятного инвестиционного климата, повышению конкурентоспособности туристических продуктов, переходу индустрии туризма и рекреации на инновационный путь развития.

Список источников

1. Андреева И. В., Ротанова И. Н. Муниципальная туристско-рекреационная система: геоэкологическое сопровождение планирования и развития // Мир науки, культуры, образования. 2012. № 6(37). С. 455-459. EDN: PLUWMJ
2. Киселева И. А., Трамова А. М. Моделирование развития туристско-рекреационного комплекса региона // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 14(365). С. 13-19. EDN: JEZXYK
3. Минаев В. А., Цыщук Е. А., Цыщук Г. Ю. Сравнение и оценка парадигм и моделей развития туризма на муниципальном уровне // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Экономика и управление. 2022. Т. 8. № 1. С. 84-98. EDN: ASGGJB
4. Оборин М. С., Шерешева М. Ю. Моделирование курортно-рекреационной системы малых

References

1. Andreeva IV, Rotanova IN. Municipal tourist and recreational system: geoecological support of planning and development. *World of Science, Culture and Education*. 2012(6(37)):455-459. (In Russ). EDN: PLUWMJ
2. Kiseleva IA, Tramova AM. Modeling the development of the tourist and recreational complex in the region. *Economic Analysis: Theory and Practice*. 2014(14(365)):13-19. (In Russ). EDN: JEZXYK
3. Minaev VA, Tsyshchuk EA, Tsyshchuk GYu. Comparison and evaluation of paradigms and models of tourism development at the municipal level. *Proceedings of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Economics and Management*. 2022;8(1):84-98. (In Russ). EDN: ASGGJB
4. Oborin MS, Sheresheva MYu. Modeling of the resort and recreational system of towns and

городов и районных центров с использованием геоинформационных баз данных // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2018. Т. 13. № 4. С. 572-588. DOI: 10.17072/1994-9960-2018-4-572-588. EDN: YRQEER.

5. Трофимов А. М., Шабалина С.А. Пространственная организация рекреационной системы: теоретико-методологические подходы // Проблемы региональной экологии. 2009. № 2. С. 194-199. EDN: LAKMRJ

6. Чученкова О. А., Голомидова Е. С. Отечественные и зарубежные концепции в географии туризма // Псковский регионологический журнал. 2019. № 3(39). С. 110-127. EDN: QDVSSH

7. Пенкина Н. В., Шахова О. Ю., Никифорова А. А., Чернявская О. В. Туристско-рекреационная система: теория и практика организации: учебно-методическое пособие. Нижневартовск, 2020. 122 с.

8. Cherchyk L, Khumarova N. Institutional provision of inclusive recreational nature management: background status and requirements. *Economics. Ecology. Socium*. 2021;5(3):10-18.

9. Wu DC, Song H, Shen S. New developments in tourism and hotel demand modeling and forecasting. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*. 2017;29(1):507-529. DOI: 10.1108/IJCHM-05-2015-0249

10. Hansen AS. Understanding recreational landscapes – a review and discussion. *Landscape Research*. 2021;46:128-141. DOI: 10.1080/01426397.2020.1833320

11. Marion JL. Trail sustainability: A state-of-knowledge review of trail impacts, influential factors, sustainability ratings, and planning and management guidance. *Journal of Environmental Management*. 2023;340:117868. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.117868

12. Shilling F, Boggs J, Reed S. Recreational system optimization to reduce conflict on public lands. *Environmental management*. 2012;50(3):381-395. DOI: 10.1007/s00267-012-9906-6

13. Tomczyk AM, Ewertowski M. Planning of recreational trails in protected areas: Application of regression tree analysis and geographic information systems. *Applied Geography*. 2013;40:129-139. DOI:10.1016/j.apgeog.2013.02.004

14. Кочуров Б. И., Забураева Х. Ш., Керимов И. А., Эльдаров Э. М., Гайрабеков У. Т., Ивашкина И. В., Фомина Н. В. Современные проблемы природопользования на Северном Кавказе и пути их решения // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2018. Т. 3. № 3 (11). С. 29-33. DOI: 10.25744/genb.2018.11.3.004. EDN: UYYDFS

15. Мажар Л. Ю. Научно-методические основы освоения туристского пространства // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2021. Т. 7(17). Вып. 3. С. 78-86. EDN: BCGRBK

16. Шабалина Н. В., Каширина Е. С. Ресурсная основа организации туристской деятельности // Организация туристской деятельности. Майкоп,

district centres with the use of gis databases. *Perm University Herald. Economy*. 2018;13(4):572-588. (In Russ). DOI: 10.17072/1994-9960-2018-4-572-588. EDN: YRQEER

5. Trofimov AM, Shabalin SA. The spatial organisation of recreational system: teoretiko-methodological approaches. *Regional Environmental Issues*. (In Russ). 2009(2):194-199. EDN: LAKMRJ

6. Chuchenkova OA, Golomidova ES. Domestic and foreign concepts in the tourism Geography. *Pskov Regional Journal*. 2019(3(39)):110-127. (In Russ). EDN: QDVSSH

7. Penkina NV, Shakhova OYu., Nikiforova AA, Chernyavskaya OV. Tourist and recreational system: theory and practice of organization: study guide. Nizhnevartovsk, 2020:122. (In Russ)

8. Cherchyk L, Khumarova N. Institutional provision of inclusive recreational nature management: background status and requirements. *Economics. Ecology. Socium*. 2021;5(3):10-18.

9. Wu DC, Song H, Shen S. New developments in tourism and hotel demand modeling and forecasting. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*. 2017;29(1):507-529. DOI: 10.1108/IJCHM-05-2015-0249

10. Hansen AS. Understanding recreational landscapes – a review and discussion. *Landscape Research*. 2021;46:128-141. DOI: 10.1080/01426397.2020.1833320

11. Marion JL. Trail sustainability: A state-of-knowledge review of trail impacts, influential factors, sustainability ratings, and planning and management guidance. *Journal of Environmental Management*. 2023;340:117868. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.117868

12. Shilling F, Boggs J, Reed S. Recreational system optimization to reduce conflict on public lands. *Environmental management*. 2012;50(3):381-395. DOI: 10.1007/s00267-012-9906-6

13. Tomczyk AM, Ewertowski M. Planning of recreational trails in protected areas: Application of regression tree analysis and geographic information systems. *Applied Geography*. 2013;40:129-139. DOI:10.1016/j.apgeog.2013.02.004

14. Kochurov BI, Ziburayeva KhSh, Kerimov IA, Eldarov EM, et al. Current Issues of environmental management in the north Caucasus and the way of their decision. *Grozny Natural Science Bulletin*. 2018;3(3(11)):29-33. (In Russ). DOI: 10.25744/genb.2018.11.3.004. EDN: UYYDFS

15. Mazhar LYu. Scientific and methodological foundations for the development of tourist space. *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions*. 2021;7(17)(3):78-86. (In Russ). EDN: BCGRBK

16. Shabalina NV, Kashirina ES. Resource basis for the organization of tourist activities. Organization of tourist activities. Maikop, 2021:28-40. (In Russ). EDN: PUWGGW

17. Mironenko NS, Tverdokhlebov IT. Recrea-

2021. С. 28-40. EDN: PUWGGW

17. Мироненко Н. С., Твердохлебов И. Т. Рекреационная география. М.: Изд-во МГУ, 1981. 208 с.

18. Теоретические основы рекреационной географии / отв. ред. В. С. Преображенский. М.: Наука, 1975. 223 с.

19. Веденин Ю. А. Динамика территориальных рекреационных систем. М., 1982. 190 с.

20. Зырянов А. И. География туризма: от теории к практике. Пермь, 2018. 416 с.

21. Мажар Л. Ю. Теоретические основы анализа условий и факторов формирования территориальных туристско-рекреационных систем // Региональные исследования. 2008. № 3(18). С. 17-28. EDN: NDZKZD

22. Мажар Л. Ю. Геосистемный анализ туристско-рекреационной деятельности // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2008. № 1. С. 27-31. EDN: JVHBNX

23. Саранча М. А. Территориальная туристско-рекреационная система как комплексное общественно-природное образование // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2010. № 3. С. 58-67. EDN: MUTWUB

24. Новикова В. И. Составляющие территориальной рекреационной системы: определение, классификация // Псковский регионологический журнал. 2013. № 16. С. 133-150. EDN: QCVNNT

25. Онищенко Е. В., Игнатенко А. М., Шарифудинов В. Н. Концептуальная основа динамической модели обеспечения устойчивого воспроизводства регионального туристского продукта // Естественно-гуманитарные исследования. 2022. № 43(5). С. 222-229. EDN: HJXBVP

26. Arkhypova L, Vinnychenko I, Kinash I, Horoshkova L, et al. Theoretical Substantiation of Modeling of Recreational Systems. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022;23(5):99-108. DOI: 10.12912/27197050/151758

27. Hladkyi OV, Mirzodaieva TV. The development of recreation science as the main theoretical fundamental of tourism integrations. *Dnipropetrovsk University Bulletin. Geology, Geography*. 2018;26(1):33-40. (In Russ). DOI: 10.15421/111804

28. Попова О. Б., Подосенова И. А. Территориальная туристско-рекреационная система как форма пространственной организации туристско-рекреационной деятельности // Наука. Инновации. Технологии. 2014. № 3. С. 137-149. EDN: TTIALH

29. Koorts H, Salmon PM, Swain CTV, Cassar S, et al. A systems thinking approach to understanding youth active recreation. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2022;19(53). DOI: 10.1186/s12966-022-01292-2

30. Stone GA, Gagnon RJ, Garst BA, Pinckney HP. Interpreting perceived constraints to ethnic and racial recreation participation using recreation systems approach. *Loisir et Société: Society and Leisure*. 2018;41(1):154-170. DOI:

tional geography. Moscow, Moscow State University, 1981:208. (In Russ)

18. Preobrazhensky VS (ed.) Theoretical foundations of recreational geography. Moscow: Nauka, 1975:223. (In Russ)

19. Vedenin YuA. Dynamics of territorial recreational systems. Moscow, 1982:190. (In Russ)

20. Zyryanov AI Geography of tourism: from theory to practice. Perm, 2018:416. (In Russ)

21. Mazhar LY. Theoretical approach to the conditions and factors influencing the formation of regional tourist and recreational systems. *Regional studies*. 2008(3(18)):17-28. (In Russ). EDN: NDZKZD

22. Mazhar LYu. Geosistem analysis of tourist and recreational activities. *Lomonosov Geography Journal*. 2008(1):27-31. (In Russ). EDN: JVHBNX

23. Sarancha MA. Territorial tourist-recreational system as complex socially-natural formation. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2010(3):58-67. (In Russ). EDN: MUTWUB

24. Novikova VI. Components of territorial recreation system: the definition and classification. *Pskov Regional Journal*. 2013(16):133-150. (In Russ). EDN: QCVNNT

25. Onishchenko EV, Ignatenko AM, Sharafutdinov VN. The conceptual basis of the dynamic model of ensuring sustainable reproduction of the regional tourist product. *Natural-Humanitarian Research*. 2022(43(5)):222-229. (In Russ). EDN: HJXBVP

26. Arkhypova L, Vinnychenko I, Kinash I, Horoshkova L, et al. Theoretical Substantiation of Modeling of Recreational Systems. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022;23(5):99-108. DOI: 10.12912/27197050/151758

27. Hladkyi OV, Mirzodaieva TV. The development of recreation science as the main theoretical fundamental of tourism integrations. *Dnipropetrovsk University Bulletin. Geology, Geography*. 2018;26(1):33-40. (In Russ). DOI: 10.15421/111804

28. Popova OB, Podosenova IA. Territorial tourist and recreational system as a form of spatial organization of tourist and recreational activities. *Science. Innovations. Technologies*. 2014(3):137-149. (In Russ). EDN: TTIALH

29. Koorts H, Salmon PM, Swain CTV, Cassar S, et al. A systems thinking approach to understanding youth active recreation. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2022;19(53). DOI: 10.1186/s12966-022-01292-2

30. Stone GA, Gagnon RJ, Garst BA, Pinckney HP. Interpreting perceived constraints to ethnic and racial recreation participation using recreation systems approach. *Loisir et Société: Society and Leisure*. 2018;41(1):154-170. DOI: 10.1080/07053436.2018.1438135

10.1080/07053436.2018.1438135

31. Конышев Е. В. Концептуальные модели региональной туристско-рекреационной системы (функциональный и пространственный уровни) // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. № 12(127). С. 99-109. EDN: VPEJUZ

32. Arkhypova L, Fomenko N, Kinash I, Golovnia O. Territorial recreational systems and sustainable development. *Proceedings of the 2019 7th International Conference on Modeling, Development and Strategic Management of Economic System (MDSMES 2019)*. Atlantis Press. 2019:189-194. DOI: 10.2991/mdsmes-19.2019.36

33. Забураева Х. Ш., Забураев Ч. Ш. Методические подходы к оценке туристско-рекреационного потенциала региона (на примере Чеченской Республики) // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2022. Т. 32. № 3. С. 365-373. DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-3-365-373. EDN: LJMZTI

34. Шошинова Т. Д. Теоретические понятия рекреационных ресурсов // Современные научные исследования и разработки. 2018. Т. 3. № 12(29). С. 140-142. EDN: ZELYPR

35. Павлова В. И. Эволюция научных представлений о территориальных туристско-рекреационных системах // География и туризм. 2022. № 2(10). С. 5-11. EDN: QJTPIK

36. Червяков Е. В., Мамадаев И. М. Геоинформационное моделирование туристско-рекреационного потенциала // StudNet. 2022. Т. 5. № 5. С. 42. EDN: OBPUSC

37. Shcherbina OA, Shembeleva EA. Computer-based system of tourism and recreational systems study and optimization. *Tourism Analysis*. 2008;13(1):93-98. DOI: 10.3727/108354208784548805.

38. Shcherbina OA, Shembeleva EA. Modeling recreational systems using optimization techniques and information technologies. *Annals of Operations Research*. 2014;221:309-329. DOI:10.1007/s10479-011-1011-3

39. Щербина О.А. Модели перспективного планирования рекреационных систем: на примере Крыма // Экономика и математические методы. 1985. Т. 21. № 1. С. 156-160.

40. Chen KCh. System dynamics modeling of recreation systems. *Proceedings of the 1992 Northeastern Recreation Research Symposium (April 5-7, 1992, New York)*. New York, 1992:99-102. URL: https://www.fs.usda.gov/nrs/pubs/gtr/gtr_ne176.pdf#page=109 (дата обращения: 01.06.2023)

41. Малыгина В.Д., Давидчук Н.Н. Концептуальный подход к моделированию развития рекреационного комплекса // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2019. № 2. С. 86-95. DOI: 10.34130/2070-4992-2019-2-86-95. EDN: KTWVKZ

31. Konyshov EV. The conceptual models of regional touristic-recreational system (the functional and spatial levels). *Transbaikal State University Journal*. 2015(12(127):99-109. (In Russ). EDN: VPEJUZ

32. Arkhypova L, Fomenko N, Kinash I, Golovnia O. Territorial recreational systems and sustainable development. *Proceedings of the 2019 7th International Conference on Modeling, Development and Strategic Management of Economic System (MDSMES 2019)*. Atlantis Press. 2019:189-194. DOI: 10.2991/mdsmes-19.2019.36

33. Zaburaeva KhSh, Zaburaev ChSh. Methodological approaches to the assessment of the tourist and recreational potential of a region (a case of the Chechen Republic). *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2022;32(3):365-373. (In Russ). DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-3-365-373. EDN: LJMZTI

34. Shoshinova TD. Theoretical concepts of recreational resources. *Current Scientific Research and Development*. 2018;3(12(29):140-142. (In Russ). EDN: ZELYPR

35. Pavlova VI. Evolution of scientific ideas of territorial tourist and recreational systems. *Geography and Tourism*. 2022(2(10):5-11. (In Russ). EDN: QJTPIK

36. Chervyakov EV, Mamadaev IM. Geoinformation modeling of tourist and recreational potential. *StudNet*. 2022;5(5):42. (In Russ). EDN: OBPUSC

37. Shcherbina OA, Shembeleva EA. Computer-based system of tourism and recreational systems study and optimization. *Tourism Analysis*. 2008;13(1):93-98. DOI: 10.3727/108354208784548805.

38. Shcherbina OA, Shembeleva EA. Modeling recreational systems using optimization techniques and information technologies. *Annals of Operations Research*. 2014;221:309-329. DOI:10.1007/s10479-011-1011-3

39. Shcherbina OA. Models of long-term planning for recreational systems: on the example of the Crimea. *Economics and Mathematical Methods*. 1985;21(1):156-160.

40. Chen KCh. System dynamics modeling of recreation systems. *Proceedings of the 1992 Northeastern Recreation Research Symposium (April 5-7, 1992, New York)*. New York, 1992:99-102. URL: https://www.fs.usda.gov/nrs/pubs/gtr/gtr_ne176.pdf#page=109 (accessed 01.06.2023)

41. Malygina VD, Davidchuk NN. Conceptual approach to modeling of recreational complex development. *Corporate Governance and Innovative Economic Development of the North: Bulletin of Research Center of Corporate Law, Management and Venture Investment of Syktvykar State University*. 2019(2):86-95. (In Russ). DOI: 10.34130/2070-4992-2019-2-86-95. EDN: KTWVKZ

42. Астанин Д. М. Структурное моделирование градостроительного обустройства территории экологического туризма центральной части Восточного Саяна // Архитектон: Известия вузов. 2021. № 3(75). DOI: 10.47055/1990-4126-2021-3(75)-21. EDN: IPJIPI

43. Забураева Х. Ш. Концепция сбалансированного горного природопользования и ее значение в условиях Северо-Восточного Кавказа // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2020. Т. 5. № 2(20). С. 20-29. DOI: 10.25744/genb.2020.20.2.003. EDN: OTJJKM

KTWVKZ

42. Astanin DM. Structural modeling of eco-tourism territory planning in the Central Part of the Eastern Sayan. *Architecton: Proceedings of Higher Education*. (In Russ). 2021(3(75)). DOI: 10.47055/1990-4126-2021-3(75)-21. EDN: IPJIPI

43. Zaburaeva KhSh. The balanced mountainous nature management concept and its meanings for the North-East Caucasus. *Grozny Natural Science Bulletin*. (In Russ). 2020;5(2(20)):20-29. DOI: 10.25744/genb.2020.20.2.003. EDN: OTJJKM

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Забураева Хава Шахидовна, доктор географических наук, главный научный сотрудник отдела топливно-энергетического комплекса и рационального природопользования, Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН, Грозный, Россия, eveggne@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9326-5758>

Шаипова Аминат Амирхановна, аспирант отдела топливно-энергетического комплекса и рационального природопользования, Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова РАН, Грозный, Россия; ассистент, институт нефти и газа, Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия, aminashaipova393@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-8881-5112>

Алиева Хава Абдул-Вахидовна, аспирант отдела топливно-энергетического комплекса и рационального природопользования, Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова РАН, Грозный, Россия; ассистент, институт нефти и газа, Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия, xavaalieva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-5782-9794>

Критерии авторства

Забураева Х. Ш. – методология, постановка целей и основных задач, типология моделей рекреационных систем, корректирование рукописи до подачи в редакцию; Шаипова А. А. – написание статьи, графический дизайн, подготовка библиографии и перевод; Алиева Х. А.-В. – компьютерная обработка материала, обзор литературных источников информации, заключение и выводы по работе.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 06.06.2023
Одобрена после рецензирования 12.06.2023
Принята к публикации 13.06.2023

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Khava Sh. Zaburaeva, Doctor of Science (Geography), Chief Researcher, Department of Fuel and Energy Complex and Rational Nature Management, Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia, eveggne@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9326-5758>

Aminat A. Shaipova, Ph.D. student, Department of Fuel and Energy Complex and Rational Nature Management, Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia; Assistant, Institute of Oil and Gas, Millionshchikov Grozny State Oil Technical University, Grozny, Russia, aminashaipova393@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-8881-5112>

Khava A.-V. Alieva, Ph.D. student, Department of Fuel and Energy Complex and Rational Nature Management, Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia; Assistant, Institute of Oil and Gas, Millionshchikov Grozny State Oil Technical University, Grozny, Russia, xavaalieva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-5782-9794>

Contribution of the authors

Zaburaeva Kh. Sh. – methodology, setting aims and main tasks, typology of recreational systems models, correction of the manuscript before submission to the editor; Shaipova A. A. – writing an article, graphic design, bibliography preparation and translation; Alieva Kh. A.-V. – computer processing of material, overview of literary sources, conclusions on the paper.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 06.06.2023
Approved after reviewing 12.06.2023
Accepted for publication 13.06.2023

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 551.5+504.3
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-45-56
EDN: OHYZCS

Изменения в режиме атмосферных осадков на территории Карачаево-Черкесской Республики

© 2023 Корчагина Е. А. ✉

Кабардино-Балкарский научный центр РАН
Нальчик, Россия, helena.a.k@mail.ru ✉

РЕЗЮМЕ. Цель настоящего исследования – выявить статистически значимые изменения в режиме атмосферных осадков на территории Карачаево-Черкесской Республики (КЧР), способные оказать влияние на активность неблагоприятных гидрометеорологических явлений, причиняющих материальный и социальный ущерб. **Методы.** Скорости изменения климатических характеристик и наличие тенденций оценивались как методом наименьших квадратов (линейная регрессия), так и рядом непараметрических методов, среди которых оценочная функция Тейла-Сена, коэффициенты корреляции Спирмэна и Кендалла. **Результаты.** Обнаружен статистически значимый рост различных характеристик режима осадков в январе, марте и июне. Это рост как месячных, так и суточных характеристик осадков. Тенденции к снижению различных месячных и суточных характеристик осадков на исследуемой территории обнаружены в декабре, апреле и августе. **Выводы.** Декабрь остается самым безопасным месяцем с точки зрения опасных гидрометеорологических явлений на территории КЧР. В июне, месяце с наибольшим числом явлений, нанесших ущерб в 1991-2022 гг., обнаружены положительные тенденции, а значит и возрастающая опасность. Рост в марте и снижение в апреле, августе и декабре соответствуют трендам, обнаруженным ранее на других метеостанциях Западного Кавказа, и являются общими тенденциями для этого региона.

Ключевые слова: изменение климата, атмосферные осадки, Западный Кавказ, Карачаево-Черкесская Республика, непараметрические методы математической статистики.

Формат цитирования: Корчагина Е. А. Изменения в режиме атмосферных осадков на территории Карачаево-Черкесской Республики // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 2. С. 45-56. 10.31161/1995-0675-2023-17-2-45-56. EDN: OHYZCS

Changes in the Atmospheric Precipitation Regime of the Karachay-Cherkess Republic

© 2023 Elena A. Korchagina ✉

Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Nalchik, Russia, helena.a.k@mail.ru ✉

ABSTRACT. The aim of the research is to discover statistically significant changes in the atmospheric precipitation regime of the Karachay-Cherkess Republic, which can influence the activity of adverse hydro-meteorological phenomena causing material and social damage. **Methods.** The rates of change in climatic characteristics and the presence of trends were assessed both by the least squares method (linear regression) and by a number of nonparametric methods, including the Theil-Sen estimating function, Spearman and Kendall correlation coefficients. **Results.** It was found a statistically significant increase in various characteristics of the precipitation regime in January, March and June. This is an increase in both monthly and daily precipitation characteristics. Declining trends in various monthly and daily precipitation characteristics in the study area were found in December, April and August. **Conclusions.** December remains the safest month in terms of dangerous hydro-meteorological phenomena on the territory of the Karachay-Cherkess Republic. In June, the month with the largest number of events that caused damage in 1991-2022, positive trends were found, and therefore an increasing danger. The increase in March and decrease

in April, August and December are consistent with trends previously found at other weather stations in the Western Caucasus, and are general trends for this region.

Key words: climate change, atmospheric precipitation, Western Caucasus, Karachay-Cherkess Republic, nonparametric methods of mathematical statistics.

For citation: Korchagina EA. Changes in the Atmospheric Precipitation Regime of the Karachay-Cherkess Republic. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2023;17(2):45-56 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-45-56. EDN: OHYZCS

Введение

Изучение локальной динамики атмосферных осадков является актуальной задачей научных исследований в климатологии и метеорологии.

Современные исследования ведутся в различных направлениях. Одно из главных направлений имеет целью выявление трендов и изменений в распределении и интенсивности осадков с течением времени [1]. Установлено, например, что в подавляющем числе случаев в различных районах северного склона Большого Кавказа преобладают тенденции к росту количества осадков [2]. Другое направление основано на анализе взаимосвязи между атмосферными осадками и различными климатическими факторами, такими как температура, влажность, атмосферные циркуляции и др. Это позволяет выделить варианты влияния изменения климата на региональные осадки [3].

Исследования, проведенные по данным метеостанций, расположенных на Северном Кавказе, выявили, что изменения в режиме осадков в этом регионе характеризуются низкой вариабельностью годовых сумм. Однако статистически значимые тенденции обнаружены для суточной интенсивности осадков и числа дней с осадками различной интенсивности [4].

Компьютерные климатические модели используют для моделирования поведения атмосферных осадков в различных климатических сценариях. Это позволяет предсказать, как изменения климата могут повлиять на локальные осадки [5-7].

Исторические данные об осадках, которые включают в себя записи о дожде, снеге и других формах осадков, служат входными данными для проведения исследований с целью выявления долгосрочных трендов и изменений на территории КЧР [8].

При анализе исторических данных об атмосферных осадках исследователи традиционно применяют методы математической статистики для выявления долгосрочных трендов, статистических характеристик и изменений в распределении

осадков. Регрессионный анализ позволяет определить связь между зависимой переменной (количество осадков в нашем случае) и одной или несколькими независимыми переменными (годом или другим отрезком времени). В результате выявляются долгосрочные тренды и изменения в рядах атмосферных осадков [2; 3].

Спектральный анализ позволяет разложить временные ряды на различные частоты, выявляя сезонные, циклические и другие периодические колебания в данных [9; 10].

Методы анализа экстремальных значений помогают выявить количество событий, несущих угрозу экономике и жизни людей, таких как интенсивные дожди или снегопады, и имеют мировую практику применения. В исследовании, которое охватывает период с 1961 по 2018 г. [11], индексы экстремальности осадков на метеостанциях Северного Кавказа показали свой максимум на Черноморском побережье, а наименьшие значения обнаружены на Каспийском побережье, однако их тренды преимущественно статистически недостоверны.

В регионах Северного Кавказа со сложным рельефом осадки участвуют в формировании условий для образования опасных экзогенных процессов в горной зоне. В предгорной зоне, в связи с ростом освоенности территорий, растет хозяйственный и социальный ущерб от сильных внезапных осадков, в том числе и на городских территориях.

Прогнозируется, что экстремальные осадки будут продолжать усиливаться [12; 13], внося свою лепту в изменения климата. С этим связан рост числа наводнений, а также возрастающие угрозы для населения и экономики [6; 14], поскольку атмосферные осадки и температуры становятся все более экстремальными.

Цель настоящего исследования – выявить изменения в режиме атмосферных осадков на территории Карачаево-Черкесской Республики (КЧР), способные оказать влияние на степень активности неблагоприятных гидрометеорологиче-

ских явлений, причиняющих материальный и социальный ущерб.

Материалы и методы исследования

Изменение суточных, месячных, сезонных и годовых характеристик режима атмосферных осадков на территории КЧР исследовалось на основании исторических данных, приведенных в специализированных наборах федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных» (ВНИИГМИ-МЦД) [15] с применением методов математической статистики. Используются данные следующих метеорологических станций: Зеленчукская, Клухорский перевал, Шаджатмаз.

Характеристики рассчитаны на основе результатов обработки суточных данных метеостанций с 1961 по 2022 г.

При анализе изменений во временных рядах, параметрические методы и регрессионный анализ пользуются наибольшей популярностью для обнаружения тенденций. Однако не все временные ряды, построенные для различных климатических характеристик режима атмосферных осадков, можно описать нормальным законом распределения плотности вероятности. Анализ вероятностных распределений выявляет, имеют ли временные ряды такие формы распределения, как нормальное, логнормальное, гамма-распределение и др. Это необходимо для выбора наиболее подходящих методов оценивания наличия тенденций и их устойчивости.

В данном исследовании проведено сравнение результатов, полученных с использованием параметрических и непараметрических методов для выявления тенденций. При анализе результатов предпочтение отдавалось методам, которые лучше соответствовали форме распределения исходного ряда.

Для всех исследуемых рядов было проведено тестирование на соответствие нормальному закону распределения. Для определения наличия тенденции использовались коэффициенты ранговой корреляции Кендалла (тау-коэффициент) и Спирмена, рекомендованные в [16], а также проводились тесты на статистическую значимость этих коэффициентов. Были выделены тенденции, которые оказались статистически значимыми на уровнях 0,05 и 0,1. В целях оценки скорости изменения характеристик климата для рядов, соответствие нормальному закону распределения которых не подтвердилось, использована оценочная функция Тейла-Сена. В случае нормального распределения плотности вероятности ряда предпочтение отдавалось оценкам тренда, полученным методом наименьших квадратов.

Результаты и их обсуждение

Среднегорная зона (метеостанция Зеленчукская)

Метеостанция Зеленчукская расположена на высоте 928 м над уровнем моря, 43°52' с. ш., 41°34' в. д., в котловине между хребтами Западного Кавказа. Динамика годового хода и средние многолетние значения месячных сумм осадков представлены на рисунке 1.

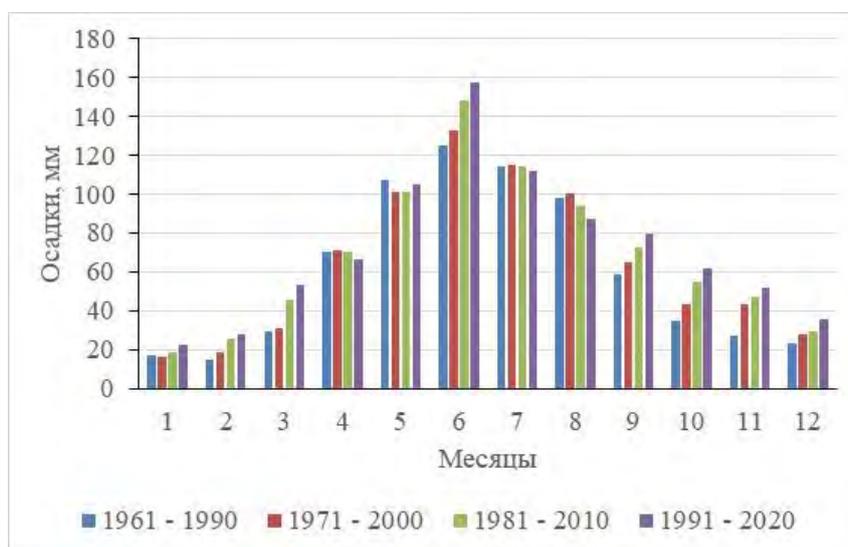


Рис. 1. Динамика годового хода осадков, метеостанция Зеленчукская

Fig. 1. Dynamics of precipitation distribution by month, Zelenchukskaya Weather Station

Годовое распределение носит континентальный характер и имеет один максимум в июне и минимум в январе. Из графика следует, что кроме апреля и мая, месячные суммы осадков выросли в разной степени. Для выяснения статистической значимости изменений проведен анализ, результаты которого приведены ниже.

Результаты исследования динамики средних месячных сумм осадков в среднегорной зоне КЧР по данным метеостанции Зеленчукская с 1961 г. приведены в таблице 1. На основе исходных данных были составлены ряды числа дней с осадками выше определенного порога. Исследова-

лось число дней с осадками более 1 мм, 5 мм, 10 мм, 15 мм, 20 мм.

Выявленные на рисунке 1 тенденции роста месячных сумм осадков в январе, марте и июле подтвердили свою статистическую значимость на уровне 0,05: в январе $bTheil = 1,76$ мм/10 лет, в марте $bTheil = 2,53$ мм/10 лет, в июне $bTheil = 8,02$ мм/10 лет. Поскольку предположение о нормальном распределении ряда отвергнуто на основании тестов, в качестве оценки скорости изменения параметров рассматриваем функцию Тейла-Сена.

В рядах динамики средних сезонных и годовых осадков в предгорной зоне КЧР устойчивых трендов не обнаружено.

Таблица 1. Статистически значимые тенденции климатических характеристик, метеостанция Зеленчукская, 1961-2022 гг.

Table 1. Statistically significant trends of the climatic characteristics, Zelenchukskaya Weather Station, 1961-2022

Мес.	Imean	σ	bTheil	τ Kendall	p-value	rS	p-value	bLinear	p-value	Normal
Месячные суммы										
1	19,65	14,65	1,76	0,17	0,0529	0,25	0,0546	2,54	0,021	False
3	6,25	2,50	0,36	0,18	0,05	0,26	0,04	0,33	0,07	False
6	142,1	60,35	8,02	0,18	0,037	0,29	0,026	11,6	0,0087	False
Число дней с осадками более 1 мм										
3	6,25	2,5	0,36	0,18	0,0487	0,26	0,043	0,33	0,0733	True
Число дней с осадками более 5 мм										
1	1,02	1,08	0	0,22	0,024	0,29	0,0229	0,2	0,0114	False
3	2,18	1,66	0	0,14	0,13	0,22	0,0986	0,25	0,0467	False
Число дней с осадками более 10 мм										
3	0,68	0,87	0,00	0,18	0,07	0,24	0,07	0,12	0,06	False
6	4,47	2,30	0,40	0,23	0,01	0,31	0,01	0,41	0,02	True
10	1,18	1,03	0,00	0,25	0,01	0,33	0,01	0,18	0,02	False
Число дней с осадками более 15 мм										
4	0,92	1,03	0,00	-0,21	0,04	-0,26	0,05	-0,17	0,03	False
6	2,93	1,81	0,09	0,18	0,05	0,24	0,06	0,29	0,03	False
Число дней с осадками более 20 мм										
6	2,02	1,36	0	0,22	0,03	0,29	0,027	0,24	0,0189	False

Примечание: Imean – среднее за указанный период месячное значение суммы осадков, мм;
 σ – среднее квадратическое отклонение исследуемого ряда;
 bTheil – оценочная функция Тейла-Сена (медиана по коэффициентам наклона), мм/10 лет;
 τ Kendall – коэффициент ранговой корреляции Кендалла;
 rS – коэффициент ранговой корреляции Спирмэна;
 bLinear – оценки линейной регрессионной модели, мм/10 лет;
 p-value – вероятность того, что отклонение оценки тренда от нуля является случайным;
 Normal – логический признак нормального распределения ряда, равен True, если выборка происходит из нормального распределения.

Note: Imean is the average monthly precipitation amount for the specified period, mm;
 σ is standard deviation of the series under study;
 bTheil is Theil-Sen estimation function (median by slope coefficients), mm/10 years;
 τ Kendall is Kendall's rank correlation coefficient;
 rS is Spearman's rank correlation coefficient;
 bLinear is linear regression model estimates, mm/10 years;
 p-value is the probability that the deviation of the trend estimate from zero is random;
 Normal is a logical sign of the normal distribution of a series; it is equal to True if the sample comes from a normal distribution.

Таблица 2. Статистически значимые тенденции климатических характеристик, метеостанция Зеленчукская, 1976-2022 гг.

Table 2. Statistically significant trends of the climatic characteristics, Zelenchukskaya Weather Station, 1976-2022

Мес.	lmean	σ	bTheil	τ Kendall	p-value	rS	p-value	bLinear	p-value	Normal
Месячные суммы										
1	20,8	15,77	3,27	0,22	0,0363	0,31	0,0378	3,82	0,033	False
3	44,96	57,71	5,01	0,25	0,0145	0,38	0,0097	9,04	0,1752	False
6	150,2	65,46	10,94	0,15	0,137	0,24	0,1199	13,21	0,0785	True
Число дней с осадками более 1 мм										
3	6,25	2,5	0,36	0,18	0,0487	0,26	0,043	0,33	0,0733	True
11	5,11	2,58	-0,47	-0,2	0,0647	-0,29	0,0569	-0,52	0,08	False
Число дней с осадками более 5 мм										
1	1,07	1,14	0,25	0,33	0,004	0,42	0,0036	0,38	0,0026	False
Число дней с осадками более 10 мм										
3	0,76	0,93	0,00	0,22	0,06	0,28	0,07	0,17	0,12	False
4	1,80	1,36	0,00	-0,26	0,02	-0,34	0,02	-0,35	0,03	False
6	4,76	2,41	0,48	0,18	0,09	0,26	0,09	0,45	0,10	True
Число дней с осадками более 15 мм										
4	1,69	1,16	0,00	0,11	0,33	0,15	0,34	0,15	0,27	False
Число дней с осадками более 20 мм										
4	0,6	0,84	0	-0,29	0,0156	-0,35	0,0168	-0,25	0,0076	False
Число дней с осадками более 30 мм										
6	1	1,07	0	0,22	0,0564	0,28	0,0647	0,23	0,0557	False
8	0,44	0,78	0	-0,2	0,0957	-0,26	0,0861	-0,06	0,5357	False

Период устойчивого роста приземной температуры воздуха принимается с 1976 г. Тесты на значимость коэффициентов ранговой корреляции показали наличие устойчивых тенденций в январе на уровне 0,5 (табл. 2). Тенденция имеет положительный знак, степень полноты устойчивости тенденции умеренная, плотность вероятности не подчиняется нормальному распределению, $bTheil = 3,3$ мм/10 лет.

Число дней с осадками более 1 мм в марте имеет статистически значимую тенденцию к росту на уровне 0,1. Поскольку распределение нормальное, оценку скорости роста делаем на основании метода наименьших квадратов $bLinear = 0,33$ сут./10 лет. Положительные тенденции различных климатических характеристик режима осадков обнаруживаются в январе, марте, июне и октябре, отрицательные – в апреле.

Положительные тенденции различных климатических характеристик режима осадков в среднегорной зоне в период интенсивного потепления климата с 1976 г. обнаруживаются в январе, марте и июне, отрицательные – в апреле, августе и ноябре.

Устойчивых трендов сезонных рядов в среднегорной зоне с 1976 по 2022 г. не обнаружено.

Высокогорная зона (метеостанция Шаджатмааз)

Метеостанция Шаджатмааз расположена на $43^{\circ}44'$ с. ш., $42^{\circ}40'$ в. д., на высоте 2070 м над уровнем моря, находится на одноименном плато. Особенности климата обусловлены, в числе прочего, и тем, что плато Шаджатмааз находится в ветровой тени горы Эльбрус.

Динамика годового хода с 1961 г. представлена на рисунке 2.

Годовой ход в высокогорной зоне на плато Шаджатмааз можно отнести к умеренно континентальному типу с летним максимумом, аналогичный годовому ходу в среднегорье (метеостанция Зеленчукская).

Максимум осадков приходится на июнь, минимум – на январь-февраль. За последние 30 лет 1991-2020 гг. с апреля по сентябрь и в декабре средние многолетние значения месячных сумм снизились. Максимальные значения месячных сумм в июне снизились со 117 мм в базовый период 1961-1990 гг., используемый для отслеживания изменений климата, до 110 мм в последнее тридцатилетие 1991-2020 гг. До 2000 г. минимум годового хода приходился на январь. В 1981-2010 гг. суммы осадков в январе и феврале срав-

нялись. В 1991-2020 гг. минимум сместился на февраль и составляет 14,7 мм.

Статистически значимые на уровнях 0,1 и 0,05 тенденции в рядах характеристик режима осадков в высокогорной зоне КЧР и их характеристики приведены в таблицах 3 и 4.

Долгосрочная динамика характеризуется ростом месячных сумм осадков в январе $b_{Theil} = 1,5$ мм/10 лет и снижением в апреле $b_{Linear} = -2,3$ мм/10 лет.

Рост месячных сумм осадков в январе можно объяснить ростом числа дней с осадками больше 1мм $b_{Linear} = 0,4$ сут./10 лет. За снижение апрельских осадков отвечает уменьшение числа дней с осадками более 15 мм. Также обнаружено снижение числа дней с осадками больше 15 мм в марте (степень полноты устойчи-

вости слабая, $rS = 0,26$, $\alpha=0,05$) и снижение числа дней с осадками более 20 мм в августе (степень полноты устойчивости тенденции умеренная, $rS = 0,44$, $\alpha= 0,0005$).

Оценка значимости изменений за период интенсивного потепления с 1976 г. приведена в таблице 4.

Здесь значим рост месячных сумм в январе на высоком уровне ($\alpha= 0,01$) и их снижение в июле и декабре на уровне $\alpha = 0,1$. В рост январских осадков делает вклад увеличение числа дней с осадками более 5 мм. Снижение числа дней с осадками большой интенсивности в марте и сентябре оценивается тестами как значимые. Но, поскольку такие дни случаются редко (1 раз в 2 года), то скорости их изменения ничтожны.

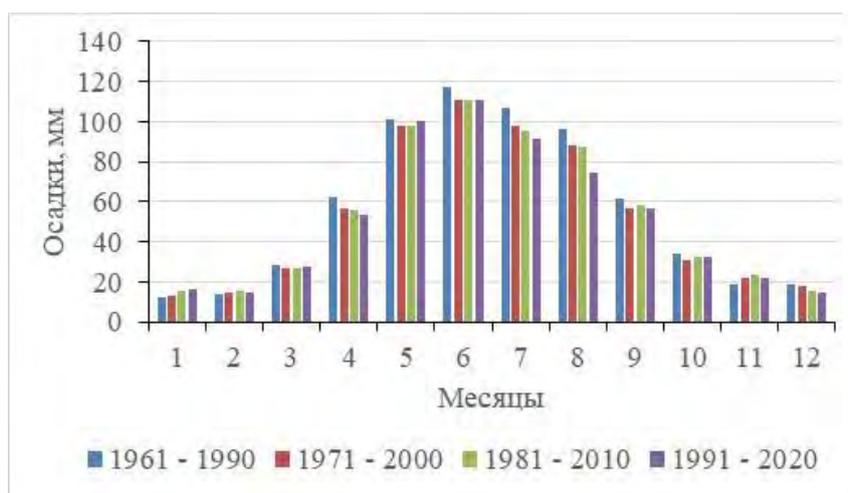


Рис. 2. Годовой ход осадков 1961-2020 гг., метеостанция Шаджатмаз
Fig. 2. Annual precipitation in 1961-2020, Shadzhatmaz Weather Station

Таблица 3. Статистически значимые тенденции климатических характеристик, метеостанция Шаджатмаз, 1961-2022

Table 3. Statistically significant trends of the climatic characteristics, Shadzhatmaz Weather Station, 1961-2022

Мес.	lmean	σ	bTheil	τ Kendall	p-value	rS	p-value	bLinear	p-value	Normal
Месячные суммы										
1	14,57	9,16	1,5	0,2	0,0217	0,29	0,0227	1,55	0,0218	False
4	57,84	20,49	-2,26	-0,13	0,1586	-0,2	0,1174	-2,67	0,0805	True
Число дней с осадками более 1 мм										
1	4,2	2,11	0,34	0,24	0,0103	0,35	0,0056	0,4	0,0093	True
Число дней с осадками более 5 мм										
1	0,58	0,89	0	0,26	0,0121	0,33	0,0103	0,15	0,0224	False
Число дней с осадками более 15 мм										
3	0,13	0,34	0	-0,21	0,0454	-0,26	0,0444	-0,05	0,0444	False
4	0,43	0,62	0	-0,17	0,1005	-0,2	0,1269	-0,09	0,0509	False
Число дней с осадками более 20 мм										
8	0,82	0,95	0	-0,32	0,0013	-0,44	0,0005	-0,23	0,0006	False

Высокогорная зона (метеостанция Клухорский перевал)

Метеостанция Клухорский перевал находится в горной долине, что обеспечивает ей закрытость от сильных ветров. Она расположена на абсолютной высоте 2037 м, 43°15' с. ш., 41°50' в. д. [15].

Характер годового хода осадков отличается от режима на ранее рассмотренных метеостанциях Зеленчукская и Шаджатмаз. Если годовой ход на первых двух станциях имел летний максимум (континентальный тип), то здесь обнаруживаются яркие локальные особенности. В текущем тридцатилетнем периоде главный минимум приходится на февраль (106 мм), главный максимум – на октябрь и составляет 220 мм (рис. 3).

Вторичный максимум обнаруживается в апреле (158 мм), вторичный минимум – в августе (129 мм). Минимальные осадки соединяют в себе черты континентального годового хода (минимум в феврале наблюдается на метеостанциях Зеленчукская и Шаджатмаз) и климата Черно-

морского побережья (первичный минимум наблюдается в июле-августе на метеостанциях Сочи, Красная поляна) [4].

Статистически значимые тенденции в рядах характеристик режима осадков в высокогорной зоне КЧР, их характеристики и уровни значимости приведены в таблицах 5 и 6. Долгосрочная динамика 1961-2022 гг. показала значимые изменения характеристик режима осадков в декабре. Месячные суммы декабрьских осадков снижаются в связи с уменьшением числа дней с осадками более 1-15 мм.

За период интенсивного роста приземной температуры воздуха 1976-2022 гг. произошли следующие изменения (табл. 6).

Месячные суммы осадков в марте растут вместе с положительным трендом числа дней с осадками более 1 мм ($b_{Theil} = 0,8$ сут./10 лет, полнота устойчивости тенденции слабая). Обнаружен также рост числа дней с осадками более 5 мм и 10 мм в январе ($b_{Linear} = 0,8$ сут./10 лет, $p\text{-value} = 0,05$).

Таблица 4. Статистически значимые тенденции климатических характеристик, метеостанция Шаджатмаз, 1976-2022

Table 4. Statistically significant trends of the climatic characteristics, Shadzhatmaz Weather Station, 1976-2022

Мес.	lmean	σ	bTheil	$\tau_{Kendall}$	p-value	rS	p-value	bLinear	p-value	Normal
Число дней с осадками более 1 мм										
1	4,4	2,16	0,56	0,28	0,0117	0,39	0,0081	0,62	0,01	True
7	12,31	3,99	-0,71	-0,19	0,0814	-0,27	0,078	-0,73	0,11	True
12	3,93	2,26	-0,42	-0,18	0,0924	-0,26	0,0794	-0,36	0,17	True
Число дней с осадками более 5 мм										
1	0,69	0,97	0	0,22	0,0615	0,29	0,0541	0,16	0,15	False
Число дней с осадками более 15 мм										
3	0,11	0,32	0	-0,25	0,047	-0,3	0,0457	-0,07	0,0457	False

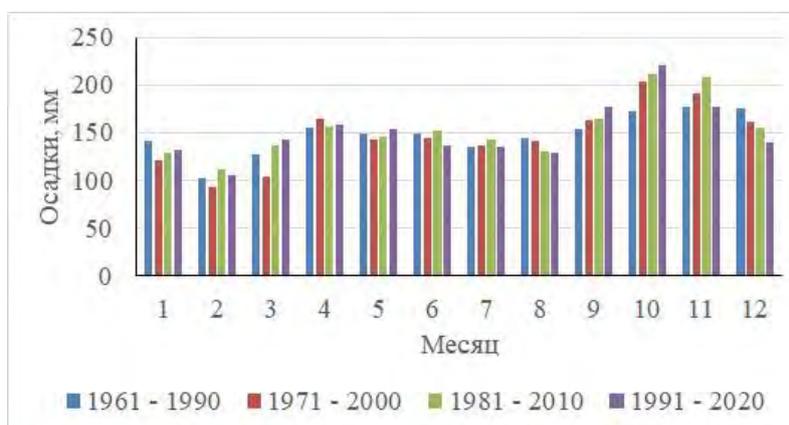


Рис. 3. Динамика годового хода осадков, метеостанция Клухорский перевал
Fig. 3. Dynamics of annual precipitation, Klukhorsk Pass Weather Station

Таблица 5. Статистически значимые тенденции климатических характеристик, метеостанция Клухорский перевал, 1961-2022*Table 5. Statistically significant trends of the climatic characteristics, Klukhorsky Pass Weather Station, 1961-2022*

Мес.	lmean	σ	bTheil	τ Kendall	p-value	rS	p-value	bLinear	p-value	Normal
Месячные суммы										
12	159	97,76	-10,7143	(-0,13	0,1377	(-0,19	0,1559	-13,21	0,0709	нет
Число дней с осадками более 1 мм										
12	11,48	4,45	-1	(-0,26	0,0047	(-0,37	0,0033	-0,97	0,0026	да
Число дней с осадками более 5 мм										
12	7,08	3,64	-0,6799	(-0,22	0,0172	(-0,33	0,0109	-0,67	0,0125	да
Число дней с осадками более 10 мм										
12	4,88	3,09	-0,3078	(-0,13	0,1483	(-0,19	0,1356	-0,42	0,0659	да

Таблица 6. Число дней с осадками больше заданного порога, Клухорский перевал, 1976-2022*Table 6. The number of days with precipitation greater than a given threshold, Klukhorsky Pass Weather Station, 1976-2022*

Мес.	lmean	σ	bTheil	τ Kendall	p-value	rS	p-value	bLinear	p-value	Normal
Месячные суммы										
3	131,6	85,61	15,7097	0,17,	0,1064	0,23	0,1451	17,44	0,09	False
Число дней с осадками более 1 мм										
3	11,51	4,49	0,7692	0,18,	0,0905	0,26	0,0884	0,96	0,0616	False
12	10,78	4,1	-0,7692	-0,17,	0,1159	-0,26	0,0832	-0,88	0,0606	True
Число дней с осадками более 5 мм										
1	6,07	3,56	0,8221	0,23,	0,0305	0,3	0,0473	0,8	0,0493	True
Число дней с осадками более 10 мм										
1	4,16	2,98	0,6155	0,19,	0,0758	0,25	0,0941	0,67	0,0503	True
11	5,24	3,4	-0,7143	-0,19,	0,0718	-0,27	0,076	-0,72	0,0635	True
Число дней с осадками более 15 мм										
4	3,24	2,2	-0,3704	-0,2	0,0745	-0,25	0,0911	-0,21	0,4035	False
11	3,96	2,83	-0,351	-0,16	0,141	-0,24	0,1161	-0,57	0,0793	True
Число дней с осадками более 20 мм										
11	3,11	2,4	-0,3448	-0,17	0,117	-0,23	0,1301	-0,46	0,0928	True

Снижение количественных характеристик суточных сумм осадков обнаружено в декабре, ноябре и апреле. Поскольку значимых трендов сезонных сумм не обнаружено, мы наблюдаем внутрисезонное перераспределение осадков весной (март – рост, апрель – убыль) и в холодный период (ноябрь-декабрь – убыль, январь – рост).

Опасные явления гидрометеорологического характера

Количество за год опасных явлений, нанесших материальный ущерб экономике и населению Карачаево-Черкесской Республики с 1991 по 2022 г. рассчитано на основе данных, приведенных в специализированных массивах ВНИИГМИ-МЦД [17].

Из представленных в наборе данных выбраны такие явления гидрометеорологического характера, которые связаны с осадками. В число опасных явлений на

территории КЧР включены снег, град, ливень, дождь, смешанные осадки (рис. 4).

Аномально большое число неблагоприятных явлений зарегистрировано в 2015 и в 2021 гг. Годовое распределение неблагоприятных гидрометеорологических явлений, принесших ущерб в 1991-2022 гг., приведено на рисунке 5.

Причиной роста количества явлений, принесших ущерб хозяйству, может служить не только изменение режима осадков, но и возросшая освоенность территории, появление новых инфраструктурных элементов в ранее неосвоенных районах или перенос старых на новое место (например, автодорог) и др.

Как следует из результатов расчета, приведенных в виде сводной гистограммы, наибольшее число явлений, связанных с осадками, происходит с мая по сен-

тябрь – период наибольшей опасности селей и паводков на территории КЧР. Град наносит ущерб с апреля по октябрь. Снегопады – с ноября по февраль в лавиноопасный период.

С годовым распределением опасных явлений гидрометеорологического характера можно сопоставить итоги исследования значимых тенденций изменения ре-

жима осадков в КЧР по месяцам. В среднегорье рост осадков в январе, марте и июне, обнаруженный с 1961 г., ускорился с 1976 в 2-10 раз. Рост числа дней с осадками более 10 мм в октябре с 1961 г. умеренно устойчивый, сопровождается слабо устойчивым снижением числа дней с осадками более 1 мм в ноябре с 1976 г.

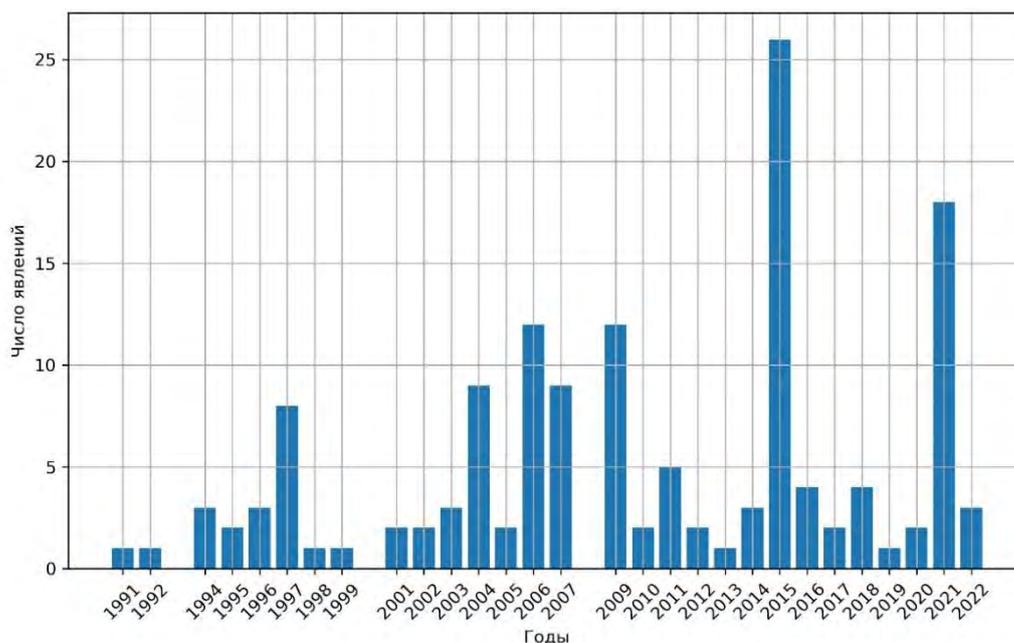


Рис. 4. Количество неблагоприятных гидрометеорологических явлений, принесших ущерб в 1991-2022 гг.

Fig. 4. The number of adverse hydrometeorological events caused damage in 1991-2022

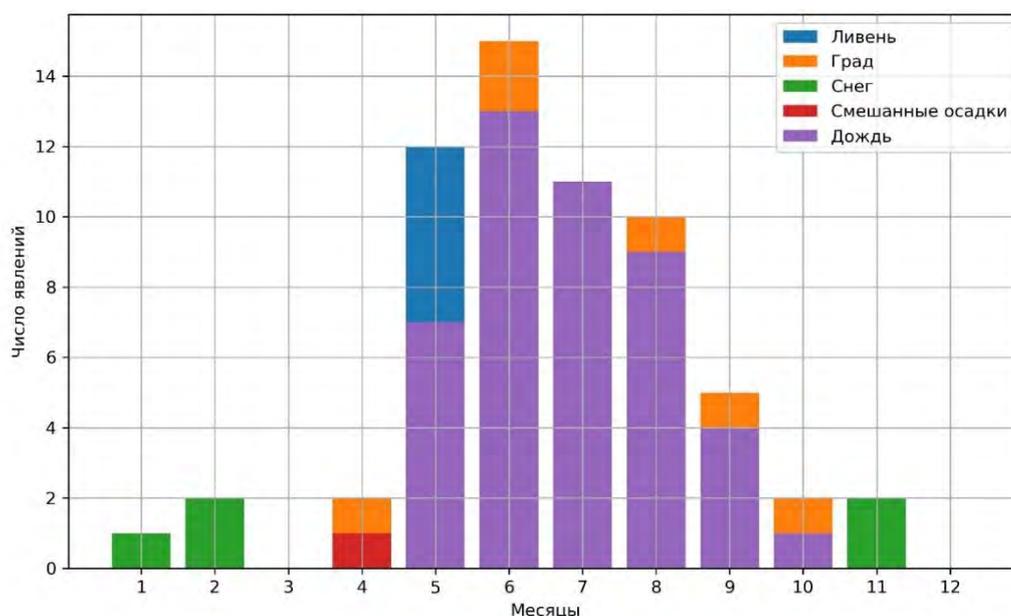


Рис. 5. Годовое распределение неблагоприятных гидрометеорологических явлений, принесших ущерб в 1991-2022 гг.

Fig. 5. Annual distribution of adverse hydrometeorological events caused damage in 1991-2022

В высокогорной зоне на плато Шаджатмаз обнаружен рост месячных сумм в январе и отрицательная тенденция в апреле. С 1976 г. выявлен умеренный рост в январе, слабо устойчивое снижение в июле и декабре.

В долине в высокогорной зоне, где расположен Клухорский перевал, с 1961 г. установлено снижение числа дней с осадками в декабре. С 1976 г. рост в марте месячных сумм, в январе рост числа дней с осадками более 5 мм и 10 мм, снижение числа дней с осадками более 15 мм в апреле и ноябре.

Заключение

В результате проведенного исследования выявлено, что, при отсутствии значительных изменений в рядах сезонных и годовых сумм осадков в среднегорной и высокогорной зонах КЧР, существует внутригодовое перераспределение осадков. Обнаружены статистически значимые изменения их месячных и суточных характеристик.

Рост месячных сумм осадков и числа дней с осадками большой интенсивности в июне, а также рост числа дней с осадками более 10 мм в октябре является локальной особенностью для метеостанции Зеленчукская.

Особенностью режима осадков на плато Шаджатмаз является наличие отрицательных тенденций в июле (месячные суммы) и марте (число дней с осадками более 15 мм).

При всех локальных особенностях рельефа, годового хода осадков и абсолютных значениях их сумм, наблюдаются об-

щие тенденции для различных характеристик. Рост характеристик в январе обнаружен на всех метеостанциях. В среднегорной зоне и на плато Шаджатмаз это месячные суммы, а число дней с осадками более 5 мм на всех метеостанциях с 1976 г.

Рост характеристик в марте, их снижение в апреле и августе в среднегорной зоне и на Клухорском перевале происходит аналогично такому же процессу в Краснодарском крае.

Тенденция к снижению характеристик в декабре, общая для плато Шаджатмаз и Клухорского перевала, подобна тенденциям на таких метеостанциях Краснодарского края, как Красная поляна и Краснодар, Круглик.

Если сопоставить обнаруженные тенденции с годовым распределением опасных явлений, то можно заключить, что декабрь остается наиболее благоприятным месяцем в отношении опасных природных явлений гидрометеорологического генезиса.

Месяц июнь, на который приходится максимальное число опасных явлений гидрометеорологического характера, имеет тенденции роста месячных сумм и числа дней с интенсивными осадками в среднегорной зоне и сохраняет свое положение самого опасного месяца в году.

Январские осадки могут продолжить причинять неприятности по данным всех метеостанций, их рост имеет слабую степень полноты устойчивости тенденции. Обнаружена слабо устойчивая тенденция к снижению осадков большой интенсивности в августе.

Список источников

1. Korchagina EA. Modern changes in the precipitation and air temperature regime in the mountainous regions of the Dagestan Republic. *Russian Journal of Earth Sciences*. 2022;22(5):ES01SI04. DOI: 10.2205/2022ES01SI04
2. Ташилова А. А. Изменения в распределении региональных осадков в ответ на глобальное потепление // Наука. Инновации. Технологии. 2021. № 3. С. 73-90. DOI: 10.37493/2308-4758.2021.3.5. EDN: KJQGXD
3. Ашабоков Б. А., Федченко Л. М., Кешева Л. А., Теунова Н. В. Изменения температурного режима и режима осадков теплого и холодного периодов в различных климатических зонах Северо-Кавказского региона // Наука. Инновации. Технологии. 2021. № 3. С. 55-72. DOI: 10.37493/2308-4758.2021.3.4. EDN: LOMERJ

References

1. Korchagina EA. Modern changes in the precipitation and air temperature regime in the mountainous regions of the Dagestan Republic. *Russian Journal of Earth Sciences*. 2022;22(5):ES01SI04. DOI: 10.2205/2022ES01SI04
2. Tashilova AA. Changes in regional precipitation distribution in response to global warming. *Science. Innovations. Technologies*. 2021(3):73-90. (In Russ). DOI: 10.37493/2308-4758.2021.3.5. EDN: KJQGXD
3. Ashabokov BA, Fedchenko LM, Kesheva LA, Teunova NV. Changes in temperature regime and precipitation regime of warm and cold periods in various climatic zones of the North Caucasus Region. *Science. Innovations. Technologies*. 2021(3):55-72. (In Russ). DOI: 10.37493/2308-4758.2021.3.4. EDN: LOMERJ

4. Корчагина Е. А. Характеристика суточных сумм атмосферных осадков на Западном Кавказе // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2021. № 3. С. 25-32. DOI: 10.17308/geo.2021.3/3597. EDN: JVFEQX
5. Киктев Д. Б., Сизе Д., Александер Л. Сравнение многолетних средних и тенденций изменения ежегодных экстремумов температуры и осадков по данным моделирования и наблюдений // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2009. Т. 45. № 3. С. 305-315. EDN: KMLMCR
6. Blöschl G., Hall J., Viglione A., Perdigão R. A. P., et al. Changing climate both increases and decreases European river floods // *Nature*. 2019. Vol. 573, no. 7772. P. 108-111. DOI: 10.1038/s41586-019-1495-6. EDN OAOJEL
7. Wasko C, Sharma A. Global assessment of flood and storm extremes with increased temperatures. *Scientific Reports*. 2017;7(7945). DOI: 10.1038/s41598-017-08481-1
8. Онищенко В. В., Дега Н. С., Бостанова Ф. Х. Современное состояние горного климата Карачаево-Черкесской республики // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 1-1. С. 29-35. DOI: 10.24411/2500-1000-2018-10414. EDN YWWPIT
9. Рыбак О. О., Рыбак Е. А. Изменения режима температуры воздуха и количества осадков в Черноморском регионе в 20-м веке // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 90. С. 15-35. EDN RCEXKD
10. Шугунов Л. Ж. Модели анализа температуры воздуха и количества выпадающих осадков в различных зонах Ставропольского края // Естественные и технические науки. 2008. № 4(36). С. 212-214. EDN JUZBJF
11. Вышкваркова Е. В. Тенденции экстремальных осадков над Северным Кавказом и Крымским полуостровом за период 1961-2018 гг. // Развитие водных транспортных магистралей в условиях глобального изменения климата на территории Российской Федерации (Евразии) ("Опасные явления - IV"): материалы IV Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д. Г. Матишова (Ростов-на-Дону, 05-09 сентября 2022 г.). Ростов-на-Дону, 2022. С. 207-209. EDN: CPYNXZ
12. Prein AF, Rasmussen RM, Ikeda K, Liu CH, et al. The future intensification of hourly precipitation extremes. *Nature Climate Change*. 2017;7(1):48-52.
13. Trenberth K. Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*. 2011;47(1-2):123-138. DOI: 10.3354/cr00953
14. Yin J, Gentine P, Zhou ShS, Sylvia C, et al. Large increase in global storm runoff extremes
4. Korchagina EA. Characteristics of daily sums of atmospheric precipitation in the Western Caucasus. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2021(3):25-32. (In Russ). DOI: 10.17308/geo.2021.3/3597. EDN: JVFEQX
5. Kiktev DB, Caesar J, Alexander L. Temperature and precipitation extremes in the second half of the twentieth century from numerical modeling results and observational data. *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics*. 2009;45(3):305-315. (In Russ). EDN: KMLMCR
6. Blöschl G, Hall J, Viglione A, Perdigão RAP, et al. Changing climate both increases and decreases European river floods. *Nature*. 2019;573(7772):108-111. DOI: 10.1038/s41586-019-1495-6. EDN OAOJEL
7. Wasko C, Sharma A. Global assessment of flood and storm extremes with increased temperatures. *Scientific Reports*. 2017;7(7945). DOI: 10.1038/s41598-017-08481-1
8. Onishchenko VV, Dega NS, Bostanova FH. The current state of mountain climate of the Karachay-Cherkess Republic. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2019(1-1):29-35. (In Russ). DOI: 10.24411/2500-1000-2018-10414. EDN YWWPIT
9. Rybak OO, Rybak EA. Changes in the regime of air temperature and precipitation rate in the Black Sea Region in the 20th century. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2013(90):15-35. (In Russ). EDN RCEXKD
10. Shugunov LZ. Models for analyzing air temperature and the amount of precipitation in various zones of the Stavropol Territory. *Natural and Technical Sciences*. 2008(4(36):212-214. (In Russ). EDN JUZBJF
11. Vyshkvarkova EV. Trends in extreme precipitation over the North Caucasus and the Crimean Peninsula for the period 1961-2018. *Development of Water Transport Routes in the Context of Global Climate Change in the Russian Federation (Eurasia) ("Hazardous Phenomena - IV"): Proceedings of the 4th International Scientific Conference in Memory of Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences D. G. Matishov (Rostov-on-Don, 05-09 September, 2022)*. Rostov-on-Don, 2022:207-209. (In Russ). EDN: CPYNXZ
12. Prein AF, Rasmussen RM, Ikeda K, Liu CH, et al. The future intensification of hourly precipitation extremes. *Nature Climate Change*. 2017;7(1):48-52.
13. Trenberth K. Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*. 2011;47(1-2):123-138. DOI: 10.3354/cr00953
14. Yin J, Gentine P, Zhou ShS, Sylvia C, et al. Large increase in global storm runoff extremes

Large increase in global storm runoff extremes driven by climate and anthropogenic changes. *Nature Communications*. 2018;9(4389). DOI: 10.1038/s41467-018-06765-2

15. Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Александрова Т. М. Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР (ТТТР) – Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620942. URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation#описание-массива-данных> (дата обращения 07.04.2023)

16. WMO guidelines on the calculation of climate normal. World meteorological organization, 2017. № 1203. 29 p.

17. Шамин С. И., Бухонова Л. К., Санина А. Т. Сведения об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях, которые нанесли материальный и социальный ущерб на территории России: Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019621326. Заявка № 2019621213 от 09.07.2019. EDN: SRESYC

driven by climate and anthropogenic changes. *Nature Communications*. 2018;9(4389). DOI: 10.1038/s41467-018-06765-2

15. Bulygina ON, Razuvaev VN, Aleksandrova TM. Description of the data array of daily air temperature and precipitation at meteorological stations in Russia and the former USSR (TTTR) – Certificate of Database State Registration no. 2014620942. URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation#description-of-data-array> (accessed 04.07.2023). (In Russ).

16. WMO guidelines on the calculation of climate normal. World meteorological organization, 017(1203):29. (In Russ).

17. Shamin SI, Bukhonova LK, Sanina AT. Information about dangerous and adverse hydrometeorological phenomena that caused material and social damage in Russia: Certificate of Database State Registration no. 2019621326. Application no. 2019621213 from 07.09.2019. (In Russ). EDN: SRESYC

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Корчагина Елена Александровна, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник центра географических исследований, Кабардино-Балкарский научный центр РАН, Нальчик, Россия, helena.a.k@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9368-1666>

Статья поступила в редакцию 31.05.2023
Одобрена после рецензирования 12.06.2023
Принята к публикации 14.06.2023

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Affiliation

Elena A. Korchagina, Ph.D. (Physics and Mathematics), Senior Researcher, Center for Geographical Research, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia, helena.a.k@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9368-1666>

The article was submitted 31.05.2023
Approved after reviewing 12.06.2023
Accepted for publication 14.06.2023

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 911:332.33
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-57-67
EDN: ОКНННЕ

Лесопользование в постсоветское время и проблемы достижения устойчивого состояния лесов России

© 2023 Крупко А. Э.✉, Нестеров Ю. А.
Воронежский государственный университет
Воронеж, Россия, glomer-a@mail.ru✉, nland58@mail.ru

РЕЗЮМЕ. В Российской Федерации лесные ресурсы по территории страны распределены крайне неравномерно. При высоком уровне обеспеченности страны лесными ресурсами в настоящее время существуют значительные проблемы и угрозы для лесов отдельных регионов страны. **Целью** настоящей статьи является выявление тенденций и особенностей лесопользования России за постсоветское время, в том числе и в территориальном аспекте, исследование возможностей, угроз и перспектив развития лесного комплекса для достижения устойчивого развития страны. **Материалы и методы.** Для достижения поставленной цели применялись системный, статистический, картографический, конкурентный методы исследования, которыми были обработаны данные из открытых статистических сборников. **Результаты.** Анализ состояния лесных ресурсов России показывает сложность полноценного сохранения лесных ресурсов на длительную перспективу. Рост в последние годы неблагоприятных природных факторов (засухи, пожары, вредители) приводит к ухудшению организации лесного хозяйства. Несмотря на рост финансирования, объема посадок и посевов леса, продолжается снижение площади наиболее продуктивных эксплуатационных лесов, особенно хвойных. За рыночное время в стране пожарами было охвачено около 1/10 всей площади лесных земель, а недостаточные главные рубки и рубки ухода ухудшили состояния молодняков. Для восстановления лесов оптимальной возрастной структуры необходима реорганизация вырубки. **Вывод.** Основываясь на тенденциях и особенностях лесопользования можно сделать вывод о том, что нерациональное лесопользование снижает экономическую ценность лесных ресурсов, увеличивает прямые потери от неиспользованной древесины и низкий уровень дохода от их эксплуатации, что в целом приводит к ухудшению качества лесных ресурсов.

Ключевые слова: Российская Федерация, лес, лесопользование, лесные ресурсы, пожары, рубки, устойчивое развитие.

Формат цитирования: Крупко А. Э., Нестеров Ю. А. Лесопользование в постсоветское время и проблемы достижения устойчивого состояния лесов России // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 2. С. 57-67. 10.31161/1995-0675-2023-17-2-57-67. EDN: ОКНННЕ

Forest Management in Post-Soviet Times and Issues of Forests Sustainable State Achieving in Russia

© 2023 Anatoly E. Krupko✉, Yuri A. Nesterov
Voronezh State University
Voronezh, Russia, glomer-a@mail.ru✉, nland58@mail.ru

ABSTRACT. Russian Federation forest resources are distributed extremely unevenly throughout the country. Although the country has a high level of forest resources, there are currently significant problems and threats to the forests of certain regions in the country. The **aim** of the paper is to identify trends and features of forest management in Russia in the post-Soviet era, including in the territorial aspect, to study the opportunities, threats and prospects for the development of the forestry complex to achieve sustainable development in the country. **Materials and methods.** Systematic, statistical, cartographic and competitive

research methods were used to achieve the aim, which processed data from open statistical collections. **Results.** An analysis of the forest resources state in Russia shows the difficulty of fully preserving forest resources for the long term. The increase in recent years of unfavorable natural factors (droughts, fires, pests) leads to a deterioration in the forestry organization. Despite the increase in funding and the volume of forest plantings and crops, the area of the most productive industrial forests, especially coniferous ones, continues to decline. During the market period in the country, fires covered about 1/10 of the forest land area, and insufficient main felling and thinning worsened the young forests condition. It is necessary the reorganization of logging to restore forests to an optimal age structure. **Conclusion.** Based on the trends and characteristics of forest management, we can conclude that unsustainable forest management reduces the economic value of forest resources, increases direct losses from unused wood and low income from their exploitation, which generally leads to a deterioration in the quality of forest resources.

Keywords: Russian Federation, forest, forest management, forest resources, fires, logging, sustainable development.

For citation: Krupko AE, Nesterov YuA. Forest Management in Post-Soviet Times and Issues of Forests Sustainable State Achieving in Russia. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2023;17(2):57-67 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-57-67. EDN: ОКННJE

Введение

Глобальная деградация природной среды в 70-е гг. XX в. определила интерес к оптимизации природопользования, который позже реализовался в концепции устойчивого развития. Под устойчивым развитием в первую очередь понимается неистощительное природопользование [1-4]. В этой концепции выделяются три главных направления: развитие природно-общественных систем (природное или экологическое), социальное и экономическое развитие [5-7]. Постепенное совершенствование теории устойчивого развития обусловило крен в сторону исследования его социально-экономических аспектов [1-3] и определило недопустимый отход от главной цели – оптимизации природопользования. Сейчас исследования факторов и аспектов устойчивости природной среды явно недостаточны [7-8]. Понятно, что приоритеты развития страны в современных условиях определяются внешними угрозами, но состояние окружающей среды такое, что оно требует использовать все возможности для сохранения и улучшения природы. Оценка состояния и оптимизация лесопользования в этом отношении должны стать в Российской Федерации (РФ) приоритетными.

В РФ площадь всех лесных земель по данным Рослесхоза на начало 2022 г. достигало 894,1 млн га или 52,3 % территории страны, что составляет 22,3 % от всех лесов мира (3982,6 млн га в 2020 г). По этому показателю Россия занимает первое место в мире. Для достижения устойчиво-

го состояния природной среды лес имеет наиболее многообразное значение. Широко известны средообразующая [5] и охранная функции леса [9; 10]. Площадь земель лесного фонда России и земель иных категорий, на которых расположены леса, составляет 1187,8 тыс. га (2022 г.) или 69,5 %. Площадь, покрытая лесной растительностью, составляет 794,8 тыс. га или 46,5 % территории России, но это составляет только 2/3 лесных земель. Часть лесных земель занята озерами и болотами, вырубками, гарями и погибшими лесами. Следует отметить, что более половины всех лесов страны растут на вечной мерзлоте и характеризуются низкой продуктивностью. Экономически выгодные эксплуатационные леса северной половины европейской части России и южной части Сибири и Дальнего Востока уже истощены. Использование остальных лесов для заготовки деловой древесины сильно ограничено из-за транспортной недоступности. Общий запас древесины в лесах РФ в 2020 г. составляет 82,6 млрд м³ из 527 млрд м³ от мировых запасов или 15,7 % – второе место в мире после Бразилии. Средний прирост запасов древесины на 1 га составляет 1,2 м³ в год. Общий средний прирост запаса древесины по данным официальной статистики в лесах России составляет 854 млн м³. По нашим расчетам запас древесины на 1 га составляет 103,6 м³ в среднем, прирост должен составлять 953 млн м³ в год. Есть также и данные, что средние запасы древесины на 1 га составляет 132 м³/га, а ежегодный прирост запаса

древесины в лесах России – 936 млн м³ или 1,23 м³ на 1 га лесопокрытых земель [11]. При современном объеме древесины, учитывая, что 1 м³ древесины связывает около 375 кг углерода, в лесах России находится 31 млрд т углерода в древесине и 7-8 млрд т в мертвой древесной фитомассе. При этом из атмосферы (при примерно 100 млрд м³ живой и мертвой древесины страны) на 1 м³ связывается 1,4 т CO₂, отобрано примерно 140 млрд т CO₂ из 1,8 трлн т углекислого газа всей планеты. Леса России можно рассматривать как глобальный резерв древесины не только для собственного потребления, но и для всего мира [12]. При этом развитие лесопользования в постсоветское время характеризуется многими негативными аспектами, что создает угрозы устойчивому развитию страны в дальней перспективе. В ближайшей перспективе больших проблем в глобальном плане нет, но на региональном уровне они уже сейчас очень остры.

В РФ существует значительная дифференциация лесных ресурсов по территории страны. В целом при высоком уровне обеспеченности страны лесными ресурсами наблюдаются проблемы и угрозы для лесов отдельных регионов страны уже в настоящее время. Цель работы – выявление тенденций и особенностей лесопользования России за постсоветское время, в том числе и территориальном аспекте, исследование возможностей, угроз и перспектив развития лесного комплекса для достижения устойчивого развития страны.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели использовались генетический, системный, картографический, статистический, конкурентный (сравнение с другими странами) методы исследования, в которых использовались данные из статистических сборников «Охрана окружающей среды в России», «Регионы России». При любых вариантах развития мировой экономики и природопользования значение лесных ресурсов России будет возрастать, поэтому исследование их состояния и использования в настоящее время, когда экологическая ситуация в лесных ресурсах сложная, по нашему мнению, важно и актуально.

Результаты и их обсуждение

Главное значение для устойчивого состояния всех лесов страны имеют таежные (бореальные) леса, но для южной половины Европейской части страны также важны и лиственные леса как ядра устойчивого природопользования. В целом РФ является достаточно лесной страной, но с большой дифференциацией обеспеченности лесами по регионам, учитывая природные условия.

При стабильной ситуации с лесистостью страны, она за последние шесть лет находится на одном уровне – 46,4 %; существуют явные проблемы с сохранением лесных ресурсов, которые возникли за счет нерационального природопользования. За последние 11 лет площадь наиболее продуктивных эксплуатационных лесов сократилась на огромную величину – 17,2 млн га или 2,82 %, (табл. 1).

Таблица 1. Структура лесных земель на начало года, млн га (составлено по [13-15])

Table 1. Structure of forest lands at the beginning of the year, million hectares (compiled according to [13-15])

	1989	1999	2011	2016	2022
Земли лесного фонда и иных категорий, на которых расположены леса	1182,6	1178,6	1183,7	1184,1	1187,6
Лесные земли, всего		8770,1	892	890,9	894,1
В том числе, покрытые лесом	771,1	769,8	797,5	795	794,8
Площадь лесных земель лесного фонда		1172,3	1143,5	1146,8	1145,8
Эксплуатационные	242,8*	271,1*	610,7	598,8	593,5
Резервные	87,6**	89,7**	257,8	268,5	266,6
Защитные	852,2***	817,8***	275	279,1	284,6
Запас древесины, млрд. м ³	81,6	81,9	83,5	82,8	82,4
Лесистость, %	45,2	45,3	46,6	46,4	46,4

* – леса 1 категории, ** – леса 2 категории, *** – леса 3 категории.

* – forests of category 1, ** – forests of category 2, *** – forests of category 3.

Таблица 2. Территориальная структура лесных земель РФ на начало 2022 г.
(составлено по [15])

Table 2. Territorial structure of forest lands in the Russian Federation at the beginning of 2022 (compiled from [15])

	Площадь Area		Лесистость, % Forest cover, %	Запас древесины Wood supply	
	тыс. га	%		млн м ³	%
Центральный	23657	2,61	34,8	3992	4,84
Северо-Западный	92633	10,42	54,2	10381	12,59
Южный	3148,2	0,35	6,5	522	0,63
Северо-Кавказский	1966	0,19	9,9	276	0,33
Приволжский	39130,6	4,37	36,5	5683	6,89
Уральский	72671,3	8,05	38,2	8128	9,9
Сибирский	242845	27,28	51,4	27962	33,92
Дальневосточный	394714,6	46,73	49,6	25478	30,9
Россия	870766	100,0	46,4	82423	100,0

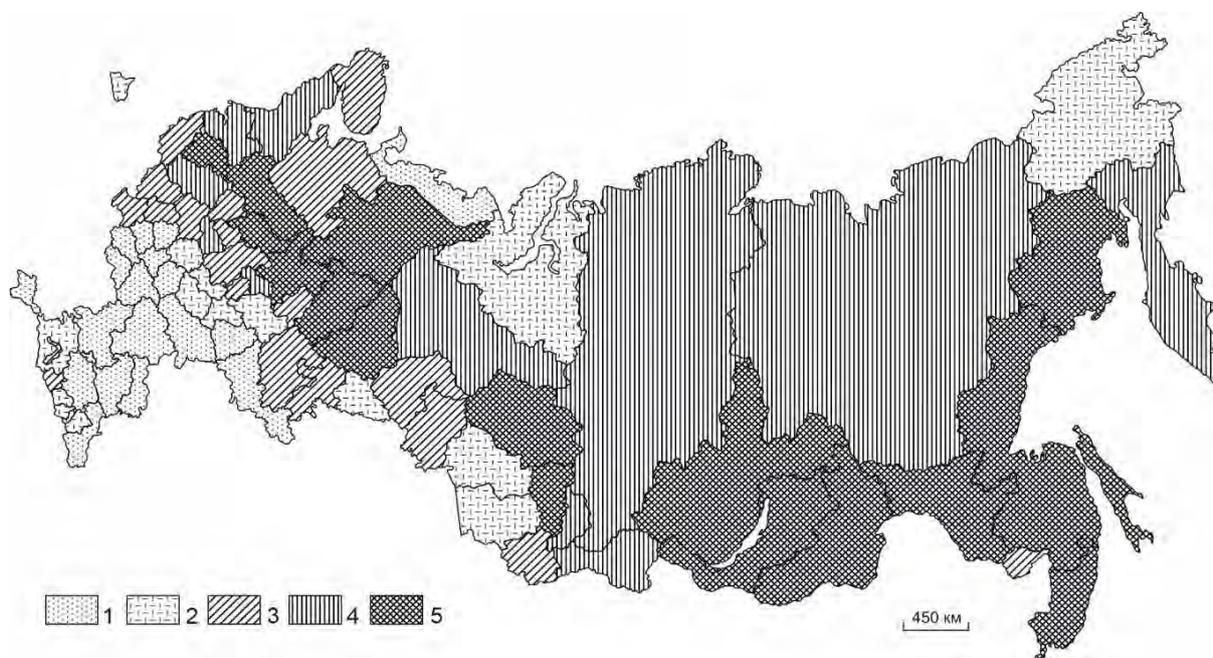


Рис. Лесистость РФ, % 1. 0-15; 2. 15-30; 3. 30-50; 4. 50-60; 5. более 60
(составлено по [16])

Fig. Forest cover of the Russian Federation, % 1. 0-15; 2. 15-30; 3. 30-50; 4. 50-60; 5. more than 60
(compiled from [16])

Часть этих лесов перешла в другую категорию, но значительная часть лесов потеряна. Рост общей площади земель лесного фонда и сохранение лесистости был обеспечен переходом земель сельскохозяйственных предприятий в эту категорию.

Наиболее лесистой является средняя часть страны – таежная зона, на нее приходится 86 % площади лесов. Основная часть лесов находится в Азиатской части страны (табл. 2).

Так, на Дальневосточный федеральный округ (ДФФО) приходится почти половина лесов страны. Самый высокий показате-

ль лесистости в стране наблюдается в Иркутской области – 85,3 % в 2020 г., но по общей площади лесных земель (66080,1 тыс. га) она занимает только третье место в стране (рис.).

Республика Саха (Якутия) является лидером по площади лесов – 164861,9 тыс. га при относительно низкой лесистости для этой части страны – 53,5 %. Ниже показатели только Еврейской АО и Чукотского АО. Красноярский край на втором месте по площади лесов – 120938,9 тыс. га, лесистость составляет 51,1 %. Далее следует Приморский край, для которого характер-

на доля лесов в 79,1 % с относительно небольшой площадью лесов – 13019,3 тыс. га. Значительными лесными ресурсами обладает Хабаровский край – 59571,0 тыс. га с лесистостью в 75,6 %, Тюменская область – 54571,8 тыс. га с лесистостью 75,6 %.

В Европейской части РФ (ЕЧРФ) лесные ресурсы сконцентрированы в Республике Коми – 31093,4 тыс. га. Архангельская область занимает второе место в ЕЧРФ – 24687,0 тыс. га с лесистостью 41,6 %, затем следуют Пермский край – 11748,8 тыс. га с лесистостью 73,3 %, Вологодская область – 10456,5 тыс. га с лесистостью 72,3 %, Республика Карелия – 9850,2 тыс. га с лесистостью 54,6 %, Кировская область – 7949,0 тыс. га с лесистостью 66,0 %. В Центральном федеральном округе (ЦФО) наиболее крупными лесными ресурсами обладают две области – Тверская (4744,8 тыс. га и 56,4 %) и Костромская (4574,1 тыс. га и 76 %).

В Южной части страны выделяется по уровню лесистости только Республика Адыгея – 37,1 % при площади лесов в 288,8 тыс. га. В целом для многих регионов южной части страны характерна исключительно сложная экологическая ситуация, когда лесистость в несколько раз ниже естественной (зональной). Например, Липецкая область при площади лесных земель 190,7 тыс. га имеет лесистость всего лишь 7,9 %. Низкий уровень лесистости в основном аграрном регионе страны (ЦЧР) является крайне негативным фактором для достижения устойчивого состояния всех природных компонентов,

сельского хозяйства и населения [5-7; 17; 18]. Минимальный показатель лесистости всех видов лесов для сохранения почв и водных объектов, благоустройства населенных пунктов в южной части страны должен составлять не менее 17-18 % территории населения [6; 17; 18]. Наиболее низкой лесистостью характеризуются: Республика Калмыкия – 32,2 тыс. га, лесистость 0,4 %, Астраханская область – 104,2 тыс. га и 2,1 %, Ставропольский край – 110,1 тыс. га и 1,7 %, Оренбургская область – 618,9 тыс. га и 5,0 %, Саратовская область – 614,2 тыс. га с лесистостью 6,1 %.

Площадь земель лесного фонда, покрытая лесной растительностью, за последние шесть лет сократилась с 770524 тыс. га на начало 2016 г. до 766023 тыс. га в 2022 г. на 4501 тыс. га или 0,58 %. Особенно быстро деградируют леса из наиболее ценных хвойных пород. Они уменьшились с 524693 тыс. га в 2016 г. до 519204 тыс. га в 2022 г. на 5489 тыс. га или 1,05 %. Происходит частичное замещение лесной площади под вырубками хвойных лесов мягколиственными лесами, поэтому их площадь выросла с 151532 тыс. га в 2016 г. до 152604 – на 1072 тыс. га или 0,71 %. Это одновременно свидетельствует о недостаточном лесовосстановлении хвойных лесов. Положительной тенденцией является рост площади твердолиственных лесов: с 18237 тыс. га на начало 2016 г. до 18448 тыс. га. По территории страны на уровне регионов и федеральных округов в зависимости от природных и антропогенных факторов наблюдаются значительные различия (табл. 3).

Таблица 3. Площадь лесных земель, покрытых лесной растительностью по основным породам леса на начало 2022 г. (составлено по [15])

Table 3. Area of forest land covered with forest vegetation by main forest species at the beginning of 2022 (compiled according to [15])

	Всего Total	%	Хвойные Coniferous		Твердолиственные Hard-leaved		Мягколиственные Soft-leaved	
			Всего Total	%	Всего Total	%	Всего Total	%
РФ	766023,1	100	519204,2	100	18448,5	100	152603,7	100
ЦФО	21269,4	2,8	8003,3	1,5	979,2	5,3	12004	7,9
СЗФО	84886	11,1	61264,4	11,8	44,5	0,2	23318,1	15,3
ЮФО	2429,3	0,3	234,1	0,05	1766	9,6	257,4	0,2
СКФО	1579,3	0,2	181,2	0,03	911,1	4,9	371,7	0,2
ПФО	36102,1	4,7	16056,8	3,1	1879,4	10,2	17992,9	11,8
УФО	66949,7	8,7	45603,6	8,8	31,4	0,2	20384	13,4
СФО	218999,5	28,6	152873,4	29,4	4,6	0,02	53354	35,0
ДВФО	333807,8	43,6	234987,4	45,3	12832,3	69,6	24921,6	16,3

Таблица 4. Структура лесов по породам и возрасту в 2021 г., млн га (составлено по [15])

Table 4. Structure of forests by species and age in 2021, million hectares
(compiled according to [15])

	Хвойные Coniferous		Мягколиственные Soft-leaved		Твердолиственные Hard-leaved	
	Всего	%	Всего	%	Всего	%
Всего	520	100	152,4	100	18,4	100
Молодняки	93,4	18,0	25,4	16,7	1,5	8,2
Средневозрастные	117,7	22,6	50	32,8	4,6	25,0
Приспевающие	52,8	10,2	18	11,8	2,3	12,5
Спелые и перестойные	256,1	49,2	59	38,7	10	54,3

Главными лесобразующими породами являются хвойные. Среди них наибольшую площадь занимают лиственные леса (275 млн га), сосновые (119 млн га), еловые (78 млн га), кедровые (39 млн га). Среди лиственных лесов резко преобладают березовые леса (118 млн га), на втором месте осиновые леса (24 млн га). Наиболее распространенной твердолиственной породой является дуб (6,9 млн га). В южной части страны, особенно в горной местности Кавказа и Крыма широко представлены буковые леса – 0,69 млн га. На лиственные леса приходится 35 % лесов России, они (лиственница – наиболее морозоустойчивое дерево) преобладают в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Сосна растет везде, на нее приходится 1/5 часть лесов страны. На еловые леса приходится примерно 10-12 % лесов страны, находятся они в основном в зонах тайги и смешанных лесов. Площадь кедровых лесов (кедровая сосна) в два раза меньше, чем еловых. Занимают они таежные районы Западной Сибири и юг Восточной Сибири. Преобладание пихтовых лесов наблюдается в Кемеровской области и ряде районов юга Красноярского края. Береза широко распространена в большинстве районов страны, а в таежной зоне она формирует большинство вторичных лесов. Дубовые леса (дубравы) распространены прежде всего в Центральном Черноземье, главный вид – дуб черешчатый. Каменная береза произрастает на Дальнем Востоке: в Камчатской, Сахалинской областях и частично в Хабаровском крае и в труднодоступных районах, образует леса низкой сомкнутости и товарности. В РФ растут и многие редко встречающиеся виды – бархат амурский (юг Дальнего Востока), держидерево (на юге страны), дикоплодовые (миндаль, фиштак, груша, яблоня) в районе Кавказа.

Кедровый стланик произрастает в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке на площади около 25 млн га. Основные районы произрастания кедра – Урал, Сибирь и Дальний Восток.

На эксплуатационные леса в 2022 г. приходится 594,5 млн га, на резервные – 266,2 млн га, на защитные – 284,6 млн га. Для страны характерно преобладание спелых и перестойных лесов (табл. 4).

Возрастная структура хвойных и твердолиственных эксплуатационных лесов РФ требует значительного роста вырубki для обновления леса с учетом оптимальной возрастной структуры и его восстановления. Объем всех видов рубок составил в России в 1990 г. 405 млн м³, вывозка древесины 304 млн м³, производство пиломатериалов 75 млн м³. Уже тогда по сравнению в 1980 г. наблюдалось снижение объемов вывозки древесины и производства пиломатериалов, но особенно резко (в несколько раз) объемы заготовок упали в 90-е гг. По данным статистических ежегодников «Народное хозяйство РСФСР», «Российского статистического ежегодника» и других источников объемы заготовки древесины в послевоенное время в РСФСР составили 15,1 млрд м³ древесины или 328,2 млн м³ в год в среднем, а за рыночное время (1992 -2021 г.г.) 5,2 млрд м³ или 173,3 млн м³ в год. Максимум заготовки леса наблюдался в 1975 г. – 377 млн м³. При этом в советское время значительная часть заготовки древесины обеспечивалась рубками ухода. Например, в 1990 г. рубки леса главного пользования и лесовосстановительные рубки охватили площадь 1810,4 тыс. га, а объем вырубленной ликвидной древесины достигал 283,5 млн м³, рубки ухода за лесом и санитарные рубки были проведены на площади 2222,4 тыс. га, заготовлено древесины 29,6 млн м³. Падение всех видов рубок на

большей части лесов обуславливает преобладание спелых и перестойных лесов в стране в настоящее время. Средний возраст всех эксплуатационных лесов составил на начало 2022 г. 88 лет, соответственно хвойных – 106 лет, мягколиственных – 48 лет, твердолиственных – 98 лет. Общй средний прирост за 2021 г. во всех эксплуатационных лесах достиг 644 млн м³, в том числе хвойных – 366 млн м³, мягколиственных – 254 млн м³ и твердолиственных – 8 млн м³. В настоящее время размеры возможной ежегодной расчетной лесосеки в эксплуатационных лесах (около 700 млн м³) превышают общй прирост древесины в них. В последние десять лет использование расчетной лесосеки в России выросло, но пока составляет примерно 28-31 % от необходимой для устойчивого развития лесов.

В 2021 г. по данным Российского статистического ежегодника в стране было заготовлено 143 млн м³ древесины. Если отнести этот показатель только к лесопокрытой площади эксплуатационных лесов (435,4 млн га), то сьем древесины с 1 га в 2021 г. в России достигал лишь 0,33 м³, а в Скандинавских странах мира колеблется от 2,3 м³, в Финляндии до 2,6 м³, в Швеции с 1 га. При этом в Уругвае 6,9 м³ древесины с 1 га, в Германии 4,9 м³, в Индии 4,9 м³. Для наивысшей эффективности хозяйства страны требуется получение максимального объема продукции при неистощительном природопользовании. Необходимо значительное улучшения состояния многих уже перестойных лесов, поэтому объем заготовки спелой древесины должен быть в несколько раз увеличен. Одной из проблем является низкая транспортная обеспеченность лесовозными дорогами. В настоящее время освоено дорогами только 142 млн га или 20 % от всей площади лесов, что позволяет ежегодно заготавливать до 435 млн м³ леса [12; 19; 20]. Лесные дороги не являются автодорогами регионального и местного значения

и не отражаются в схемах территориального планирования, хотя от них зависит жизнь многих населенных пунктов и городов. Например, только в Архангельской области к лесным моногородам относят рабочие поселки Кизема, Онега, Октябрьский, Коряжма, Новодвинск. В год вводится в строй около 500 км лесных дорог, это примерно 1/8-1/10 от необходимого уровня для полноценного использования основной части лесного фонда страны, развития сети жилых поселков и необходимой транспортной и энергетической инфраструктуры. По Стратегии развития лесного комплекса страны до 2030 г. ввод новых лесных дорог в РФ будет составлять 2 тыс. км в год, что в условиях современных реалий уже неплохо. При этом недостаточное использование лесных ресурсов наблюдается и в староосвоенных регионах с высокой плотностью лесных дорог. Лес – это богатство, которое при рациональном использовании должно увеличиваться. Но для лесных территорий (особенно в южной части страны) характерно значительное ухудшение лесопользования. Многие аспекты лесной работы по объективным причинам (недостаточное финансирование, значительное, примерно в 6 раз, сокращение лесных работников и техники) не выполняются в должной мере. Например, площадь очагов вредителей составила на начало 2022 г. 2890 тыс. га, основная часть находится в лиственных лесах. При этом обработано лишь 223,7 тыс. га, из которых 178,9 тыс. га приходится на наиболее простой и дешевый способ с помощью авиации. В 1990 г. защита лесов от вредителей и болезней биологическим методом составила 465 тыс. га, с помощью авиации – 913 тыс. га.

Также большим врагом лесов являются пожары. За рыночное время (в том числе и 1991 г.) с 1991 по 2021 г. в РФ случилось 695,1 тыс. пожаров, площадь пожаров составила 74 млн 244,4 тыс. га леса и 1,41 млрд м³ древесины (табл. 5).

Таблица 5. Лесные пожары в РФ (составлено по [11; 19])

Table 5. Forest fires in the Russian Federation (compiled according to [11; 19])

	Период времени, год						
	Time period, year						
	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	1991-2020
Число, тыс. ед.	108,5	151,1	146,6	133,2	78,2	62,4	680,0
Площадь, тыс. га	3019	8929,3	6007,9	8673,3	10519,1	28898,0	66046,6
Сгорело, млн м ³	62,1	282,2	112,3	199,9	184,5	532,8	1373,8

Пожаров много было и в дорыночное время, но показатели эффективности борьбы с пожарами сейчас значительно ухудшились. Если в 1990 г. 17,7 тыс. пожаров прошли 1366,3 тыс. га леса или 77,2 га на 1 пожар, то в 2021 г. 15,1 тыс. пожаров прошли 8197,8 тыс. га леса или 542,9 га на 1 пожар. В экстремальные годы: 1998 г., когда наблюдалось 28 тыс. пожаров, сгорело 4268,8 тыс. га и 143 млн куб. древесины; 2010 г. (33,4 тыс. пожаров, 1962,3 тыс. га и 93,4 млн куб.); 2019 г. – 13,6 тыс. пожаров, 8678 тыс. га и 313,2 млн куб, пожары охватили огромные лесные площади.

Особое значение в сохранении лесов имеет недостаточное проведение противопожарных мероприятий (прочистка и вырубка просек и уход за противопожарными разрывами). Если в северной части тайги пожары даже способствуют ускоренному возобновлению леса, так как сгорает плотный мох, который мешает семенам закрепиться в почве, то в южной части страны значительная часть сгоревших лесов (иногда около половины) полностью погибает. Всего в РФ в 2021 г. полностью погибло после пожаров 7,8 % сгоревшего леса. По Лесному кодексу 2006 г. ответственность за лесохозяйственную и противопожарную работу несут субъекты РФ и арендаторы леса, которые, как показывает время, не имеют финансовых и технических возможностей для этого. При средней площади лесничества в стране в 796 тыс. га средняя численность инспекторов составляет 15 человек (53 тыс. га леса на 1 чел.), что не позволяет эффективно контролировать незаконные рубки и проводить противопожарные мероприятия [11; 19].

Заключение

Анализ состояния лесных ресурсов России показывает (при современном типе их использования) сложность полноценного сохранения лесных ресурсов на длительную перспективу. Рост в последние годы неблагоприятных природных факторов, особенно засухи, обуславливает гибель лесов от пожаров, вредителей, что также определяется ухудшением организации лесного хозяйства. Несмотря на рост финансирования, объема посадок и посевов леса, продолжается снижение площади наиболее продуктивных эксплуатационных лесов, особенно хвойных. За рыноч-

ное время в стране случилось почти 700 тыс. пожаров на фоне недостаточных профилактических противопожарных мероприятий, которые охватили около 1/10 всей площади лесных земель, покрытых лесной растительностью, при этом сгорело 1,4 млрд м³ древесины. Недостаточные главные рубки и рубки ухода ухудшают состояния молодняков и всех лесов. В возрастной структуре хвойных и твердолиственных эксплуатационных лесов преобладают перестойные леса. Для обновления леса с учетом оптимальной возрастной структуры и его восстановления необходим значительный рост оптимально организованной в территориальном плане вырубки. Основываясь на тенденциях и особенностях лесопользования можно сделать вывод о том, что нерациональное лесопользование снижает экономическую ценность лесных ресурсов, а также обуславливает прямые потери от неиспользованной древесины. По нашим подсчетам, по сравнению со средними показателями рубок в послевоенное время в РФ, недорублено в рыночный период примерно 4,5 млрд м³ древесины, а от пожаров, гибели лесов и от теневых рубок потеряно 2,5-3 млрд м³ древесины. Для РФ характерен низкий уровень дохода с 1 га эксплуатируемых лесов: на порядок ниже по сравнению с Финляндией или Швецией.

Экономический потенциал лесного комплекса РФ составляет сотни млрд долларов, но используется сегодня лишь примерно на 1/10-1/8. Экспорт в последние годы вырос до 12-13 млрд долларов в год, но должен быть значительно выше. Уровень производства продукции лесного комплекса и потребления на душу населения в стране пока ниже, чем у многих стран. При этом РФ в перспективе при оптимальном управлении всем лесным комплексом страны обязана стать ведущим в мире производителем продукции лесной промышленности.

Для советского времени был характерен очень высокий уровень лесостроительных работ. Так, в 1990 г. лесостроительство было проведено на площади 45,6 млн га. Сейчас лесостроительство по регионам проводится чаще всего нерегулярно. По данным Счетной палаты за период с 2015 по 2019 г. система организации лесостроительных работ не позволяет обес-

печить государство достоверной информацией о состоянии лесных ресурсов Российской Федерации. Сведения о лесах на площади около 970 млн га неактуальны. Эта площадь сопоставима с площадью Китая – 960 млн га, и США – 950 млн га. Таким образом, около 84 % лесного фонда страны остается «невидимым» для государства.

Главным фактором низкого уровня развития лесного сектора экономики Рос-

сии и деградации лесных ресурсов является разрушение дореволюционной и советской системы лесного хозяйства, которая столетия складывалась в нашей стране и ее регионах. Современное лесопользование пока не приспособилось до конца к рыночным реалиям. Основные аспекты лесовосстановления в рыночное время, главные предложения и направления совершенствования лесопользования нами будут раскрыты в следующей статье.

Список источников

1. Крупко А. Э. Территориальные аспекты и сценарии устойчивого (сбалансированного) социально-экономического развития ЦЧР // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2013. № 6. С. 5-9. EDN: RKYQGB
2. Крупко А. Э. Территориальные аспекты оптимизации устойчивого развития ЦЧР // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2014. № 12. С. 11-16. EDN: TIRTLZ
3. Крупко А. Э. Концептуальные особенности исследования социально-экономического развития общественных систем // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2015. № 7. С. 18-21. EDN: UJFQDB
4. Крупко А. Э. Некоторые теоретические аспекты географического исследования устойчивого (сбалансированного) развития регионов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2011. № 2. С. 46-51. EDN: ONSRFH
5. Крупко А. Э., Шульгина Л. В. Экологические аспекты сбалансированного развития Центрально-Черноземного экономического района // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2019. Т. 16. № 10. С. 31-40. EDN: ZBVSQU
6. 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
7. Крупко А. Э., Фетисов Ю. М., Нестеров Ю. А., Черкашин А. К. Моделирование сбалансированного социально-экономического развития общественных систем (на примере ЦЧР) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2016. № 1. С. 5-15. EDN: VVSHOX
8. Крупко А. Э., Фетисов Ю. М. Моделирование сбалансированного развития бюджетной системы региона (на примере ЦЧР) // ФЭС: Финансы. Экономика Стратегия. 2015. № 11. С. 36-43. EDN: THEWJL
9. Епринцев С. А., Куролап С. А., Клепиков

References

1. Krupko AE. Territorial aspects and scenarios for sustainable (balanced) socio-economic development of the Central Black Sea Region. *FES: Finance. Economy. Strategy*. 2013(6):5-9. (In Russ). EDN: RKYQGB
2. Krupko AE. Territorial aspects of sustainable development optimizing in the Central Chernobyl Region. *FES: Finance. Economy. Strategy*. 2014(12):11-16. (In Russ). EDN: TIRTLZ
3. Krupko AE. Conceptual features in the study of public systems socio-economic development. *FES: Finance. Economy. Strategy*. 2015(7):18-21. (In Russ). EDN: UJFQDB
4. Krupko AE. Some theoretical aspects of geographical study of stable (balanced) development of the region. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2011(2):46-51. (In Russ). EDN: ONSRFH
5. Krupko AE, Shulgina LV. Main problems and directions of sustainable development of the Central Black Scale Economic District. *FES: Finance. Economy. Strategy*. 2019;16(10):31-40. (In Russ). EDN: ZBVSQU
6. 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
7. Krupko AE, Fetisov YuM, Nesterov YuA, Cherkashin AK. Modeling of balanced social and economic development of community systems (Central Black Soil Region is an example). *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2016(1):5-15. (In Russ). EDN: VVSHOX
8. Krupko AE. Modeling the balanced development of the region budget system (using the example of the Central Chernobyl Region). *FES: Finance. Economy. Strategy*. 2015(11):36-43. (In Russ). EDN: THEWJL
9. Yeprintsev SA, Kurolap SA, Klepikov OV, Shekoyan SV. Assessment of the impact of man-made air pollution on the medical and demographic processes of large urbanized regions. *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions*. 2020;6(3):43-50.

- О. В., Шекоян С. В. Оценка воздействия техногенного загрязнения воздушной среды на медико-демографические процессы крупных урбанизированных регионов // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2020. Т. 6. № 3. С. 43-50. DOI: 10.37279/2309-7663-2020-6-3-43-50. EDN: IDHJFE
10. Епринцев С. А., Клепиков О. В., Шекоян С. В., Жигулина Е. В. Формирование очагов экологически обусловленной заболеваемости как критерий "отклика" на качество окружающей среды // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 3. С. 70-80. DOI: 10.7868/S25000640190308. EDN: YIKHDX
11. Шапарев Н. Я. Лесные ресурсы России и Белоруссии в показателях устойчивого развития // Вестник Кемеровского государственного университета. 2013. № 1(53). С. 81-86. EDN: QZNICP
12. Большаков А. С. Основы организации воспроизводства и использования лесных ресурсов при устойчивом управлении лесами. Сыктывкар: СЛИ, 2004. 232 с.
13. Охрана окружающей среды в России. 2000: статистический сборник. М: Росстат, 2001. 113 с.
14. Охрана окружающей среды в России. 2012: статистический сборник. М: Росстат, 2012. 303 с.
15. Охрана окружающей среды в России. 2022: статистический сборник. М: Росстат, 2022. 113 с.
16. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: статистический сборник. М: Росстат, 2021. 1114 с.
17. Хицков И.Ф., Крупко А. Э., Зарытовская А. И. Проблемы устойчивого (сбалансированного) развития аграрно-природных систем Центрально-Черноземного района // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2015. № 4. С. 36-44. EDN: VVSNRT
18. Крупко АЕ, Rogozina RE, Fetisov YM, Derevyagina MV, Shentseva LN. Natural factors of sustainable development of the Central-Black-Earth District. *All-Russian Research-to-Practice Conference on Ecology and Safety in the Technosphere: Current Problems and Solutions, Est 2020 (Yurga, February 13-14, 2020)*. Yurga, 2020:012008. DOI 10.1088/1755-1315/543/1/012008. EDN: YPILPO
19. Карпачевский М. Л., Тепляков В. К., Яницкая Т. О., Ярошенко А. Ю. Основы устойчивого лесопользования. 2-е изд., перераб. и доп. М: Всемирный фонд дикой природы, 2014. 266 с.
20. Починков С.В. Экономические проблемы устойчивого управления лесами в России // Устойчивое природопользование. 2004. № 1(3). С. 14-23. EDN: SXLOET
- (In Russ). DOI: 10.37279/2309-7663-2020-6-3-43-50. EDN: IDHJFE
10. Yeprintsev SA, Klepikov OV, Shekoyan SV, Zhigulina EV. Formation of environmental focal diseases as a response criteria for the quality of the environment. *Science in the South of Russia*. 2019;15(3):70-80. (In Russ). DOI: 10.7868/S25000640190308. EDN: YIKHDX
11. Shaparev NYa. Forest resources of Russia and Belarus in sustainable development indices. *Bulletin of Kemerovo State University*. 2013(1(53):81-86. (In Russ). EDN: QZNICP
12. Bolshakov AS. Fundamentals of organization in reproduction and use of forest resources in sustainable forest management. Syktyvkar: SLI, 2004:232. (In Russ).
13. Environmental protection in Russia. 2000: statistical collection. Moscow: Rosstat, 2001:113. (In Russ).
14. Environmental protection in Russia. 2012: statistical collection. Moscow: Rosstat, 2012:303. (In Russ).
15. Environmental protection in Russia. 2022: statistical collection. Moscow: Rosstat, 2022:113c. (In Russ).
16. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2021: statistical collection. Moscow: Rosstat, 2021:1114. (In Russ).
17. Hitskov IF, Krupko AE, Zarytovskaya AI. Problems of the sustainable (balanced) development of agrarian and natural systems. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Economics and Management*. 2015(4). С. 36-44. (In Russ). EDN: VVSNRT
18. Krupko AE, Rogozina RE, Fetisov YM, Derevyagina MV, Shentseva LN. Natural factors of sustainable development of the Central-Black-Earth District. *All-Russian Research-to-Practice Conference on Ecology and Safety in the Technosphere: Current Problems and Solutions, Est 2020 (Yurga, February 13-14, 2020)*. Yurga, 2020:012008. DOI 10.1088/1755-1315/543/1/012008. EDN: YPILPO
19. Karpachevsky ML, Teplyakov VK, Yanitskaya TO, Yaroshenko AYu. Fundamentals of sustainable forest management. 2nd ed., revised and enlarged. Moscow: World Wildlife Fund, 2014:266. (In Russ).
20. Pochinkov SV. Economic issues of sustainable forest management in Russia. *Sustainable environmental management*. 2004(1(3):14-23. (In Russ). EDN: SXLOET

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Крупко Анатолий Эммануилович, кандидат географических наук, доцент кафедры экономической географии и регионоведения, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, glomer-a@mail.ru

Нестеров Юрий Анатольевич, кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, nland58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0637-0761>

Критерии авторства

Крупко А. Э. – разработка методологии, анализ данных литературных и статистических источников, подготовка статьи; Нестеров Ю. А. – подготовка и анализ картографического материала, редактирование статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Статья поступила в редакцию 29.05.2023
Одобрена после рецензирования 05.06.2023
Принята к публикации 07.06.2023*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Anatoly E. Krupko, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Economic Geography and Regional Studies, Voronezh State University, Voronezh, Russia, glomer-a@mail.ru

Yuri A. Nesterov, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia, nland58@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-0637-0761>

Contribution of the authors

Krupko A. E. – methodology development, analysis of data from literary and statistical sources, article preparation; Nesterov Y. A. – preparation and analysis of cartographic material, article editing.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

*The article was submitted 29.05.2023
Approved after reviewing 05.06.2023
Accepted for publication 07.06.2023*

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 504.3
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-68-73
EDN: QSRYS

Геоэкологические проблемы роста города Ставрополя

© 2023 Лебедев А. А. ✉

Грозненский государственный нефтяной технический университет
им. акад. М. Д. Миллионщикова
Грозный, Россия, lebedev_anton@list.ru ✉

РЕЗЮМЕ. Цель. Рассмотреть возможность изучения городской застройки Ставрополя на основе данных дистанционного зондирования Земли и определить возможность развития геоэкологических проблем при сохранении текущих темпов роста городской застройки и численности населения г. Ставрополя. **Методы.** Структура и границы городской застройки определены на основании данных дистанционного зондирования Земли в оптическом и радиоволновом диапазонах. **Результаты.** Согласно полученным данным площадь городской застройки с 1985 по 2022 г. увеличилась более чем на 44 %, при этом основной прирост территории пришелся на юго-западную и северную части города. Вместе с этим, несмотря на значительный прирост площади, отмечается увеличение плотности населения более чем на 6 %. **Вывод.** Применение предлагаемого метода изучения городской застройки, используя общедоступные данные дистанционного зондирования Земли, позволяет изучить ее развитие и состав. На основе полученных результатов определены основные геоэкологические проблемы, связанные с увеличением границ и плотности городской застройки. Сделан вывод о возможности возникновения геоэкологических проблем при сохранении существующих темпов строительства и увеличении плотности застройки и населения города.

Ключевые слова: геоэкологические проблемы, городская застройка, Ставрополь, урбанизация, численность населения, дистанционное зондирование.

Формат цитирования: Лебедев А. А. Геоэкологические проблемы роста города Ставрополя // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 2. С. 68-73. 10.31161/1995-0675-2023-17-2-68-73. EDN: QSRYS

Geoeological Issues of Stavropol City Growth

© 2023 Anton A. Lebedev ✉

Millionshchikov Grozny State Oil Technical University
Grozny, Russia, lebedev_anton@list.ru ✉

ABSTRACT. The aim of the paper is to consider the possibility of Stavropol urban development studying based on Earth remote sensing data and determine the possibility of geoeological issues developing while maintaining the current growth rate of urban development and the population of Stavropol. **Methods.** The structure and boundaries of urban development are determined on the basis of Earth remote sensing data in the optical and radio wave ranges. **Results.** According to the data obtained, the urban built-up area from 1985 to 2022 increased by more than 44%, with the main increase in territory is in the south-western and northern parts of the city. At the same time, despite the significant increase in area, there is an increase in population density by more than 6 %. **Conclusion.** The proposed method for studying urban development using publicly available Earth remote sensing data makes it possible to study its development and composition. Based on the results obtained, the main geo-ecological problems associated with the increase in the boundaries and density of urban development are identified. A conclusion is made about the possibility of geoeological issues arising while maintaining the existing pace of construction and increasing the building density and population of the city.

Keywords: geoeological issues, urban development, Stavropol, urbanization, population, remote sensing.

For citation: Lebedev AA. Geoeological Issues of Stavropol City Growth. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2023;17(2):68-73 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-68-73. EDN: QSRYIS

Введение

По мнению Леттега Р. «при планировании города или района площадь, намеченную к застройке, нельзя уподоблять чистому листу бумаги, на котором возможна материализация любых идей строителя» [1]. Любой город, а тем более крупный, в процессе своего существования и развития изменяет практически все компоненты природной среды (атмосферу, рельеф, гидрографическую сеть и др.).

К основным проблемам крупных городов можно отнести:

- уплотнение грунтов;
- подтошение территорий;
- оседание местности вследствие откачки грунтовых вод, их загрязнение;
- деградация почвенного покрова;

- ухудшение геоэкологической обстановки;
- изменение микроклимата;
- загрязнение атмосферного воздуха;
- загрязнение водных ресурсов;
- шумовое и электромагнитное загрязнение;
- ухудшение санитарно-эпидемиологической ситуации.

Цель статьи – рассмотреть возможность изучения городской застройки Ставрополя на основе общедоступных данных дистанционного зондирования Земли и определить возможность развития геоэкологических проблем при сохранении текущих темпов роста городской застройки и численности населения г. Ставрополя.

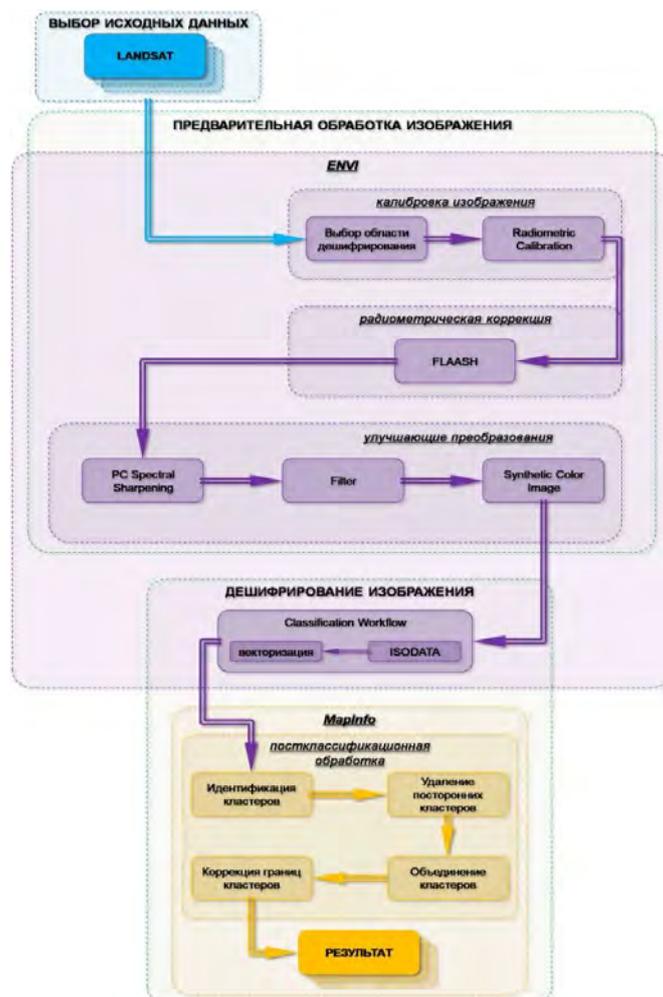


Рис. 1. Определение границ городской застройки
Fig. 1. Determination of urban development boundaries

Материалы и методы исследования

Темпы роста г. Ставрополя в течение исследуемого периода (1985-2022 гг.) определены по границе городской застройки. Городской застройкой в данном случае следует считать территорию города, с расположенными на ней зданиями жилого фонда различной этажности, административными, общественными, промышленными объектами и другими капитальными строениями, в том числе окруженные ими участки незастроенной территории (земли лесного фонда, водные объекты, территории городского озеленения, рекреационные объекты, особо охраняемые природные территории), а также объекты транспортной инфраструктуры и коммунальных систем, на которых отмечается регулярное присутствие городского населения [2].

Изучение границ и состава городской застройки проведены на основе материалов съемки аппаратов Landsat-4,5,7 и Sentinel-2. Предлагаемый метод обработки данных дистанционного зондирования Земли для изучения городской застройки (последовательность проводимых операций) приведен на рисунке 1, а также подробно рассмотрен ранее [3].

Результаты и их обсуждение

Территориальная структура города планируется и размещается в естественных природных системах. Город как ландшафт изменяется, растет, адаптируется, реагирует и подражает экосистеме. В то же время в современных городах эволюционные изменения протекают быстрее, чем в природе. Человек делает природные системы в пределах городской территории нестабильными, изменяя их и одновременно помогая приспосабливаться к новым условиям [4]. При этом не следует забывать, что многие процессы, не представляющие угрозу для неосвоенных территорий, могут стать источником больших проблем для городских территорий.

Ожидаемое сокращение территорий пригодных и «удобных» для строительства и роста города определяет тенденцию высотного строительства, обозначающую очередную геоэкологическую проблему – неравномерное использование городского пространства. Хаотичность застройки и избирательная скученность населения в центральных и периферийных частях города ведет к изменению естественной сре-

ды, и определяет необходимость, с одной стороны, комплексной оценки геологического и экологического факторов проектирования, с другой – совершенствования нормативных изыскательских и градостроительных документов [5].

При этом не следует забывать, что одним из сильнейших факторов, оказывающих прямое влияние на природную среду города, является концентрация недвижимости и плотность застройки. Таким образом, безобидные и ничем непримечательные спальные районы города могут оказывать не меньший ущерб окружающей среде, чем промышленные предприятия. По мнению Пряхина В. Н. и Большеротова А. Л., концентрация недвижимости на урбанизированных территориях является главным негативным фактором воздействия на окружающую человека среду [6].

Город Ставрополь расположен на юго-западном склоне Ставропольской возвышенности. Абсолютные отметки возвышенности постепенно изменяются к северо-востоку и северо-западу: от 325 м в восточной части города до 660 м в западной. В застроенной части города преобладают перепады высот более 50 м на 1 км. Платообразные участки, сколы долин с различной крутизной, большая изрезанность балками и оврагами, оползневые участки – характерные черты рельефа г. Ставрополя. Тектоника г. Ставрополя сравнительно простая, сейсмичность до 7 баллов. Следует учитывать, что на участках развития песчано-глинистых водонасыщенных грунтов балльность землетрясений увеличивается на 1-2 единицы. Такими грунтами сложено 50 % территории города, значительная часть которой испытывает прогрессирующее подтопление. В геологическом отношении Ставрополь расположен на юго-западном склоне Ставропольской возвышенности, которая представляет собой сводовое поднятие с пологими северными и крутыми южными склонами. Гидрографическую сеть территории города составляют мелкие речки и ручьи балочных систем Егорлыкского и Калаусского бассейнов, которые распределяется относительно равномерно. Бассейны водотоков характеризуются значительной вытянутостью. По характеру и степени извилистости русел реки г. Ставрополя весьма сходны. Территория г. Ставрополя приурочена к лесостепной

зоне. Основными типами растительности здесь являются леса и луговые степи. В городской черте достаточно хорошо сохранились лесные массивы (лес Крутлый, частично Русская лесная дача, Таманский лес, Члинский лес, Мамайский лес) [7; 8].

Согласно статистическим данным численность населения города с 1985 по 2022 г. выросла более чем на 50 % (табл.), при этом площадь городской застройки г. Ставрополя (рис. 2), выделенной согласно ранее предложенной методике [2], увеличилась с 71,5 км² в 1985 г. до 103,2 км² в 2022 г. (+44,3 %).

Заключение

Проведенный анализ увеличения городской застройки с 1985 по 2022 г. показал, что основной прирост территории произошел за счет юго-западной и северной частей города. Данная тенденция в первую очередь связана с особенностями рельефа – эти территории представляют собой плато с относительно небольшим перепадом высот. Это является основной

причиной, по которой застройка происходит именно в этом направлении. Вместе с этим развитие современных технологий строительства позволяет проводить точечную застройку в более престижных частях города, уже с меньшим вниманием к рельефу и геологии территории. Это отмечается не только в изменении геометрических границ застройки, но и в изменении внутренней структуры города [16]. При этом плотность населения, исходя из материалов статистики проведенных исследований, составляет 4 153,8 чел./км² в 1985 г. до 4 440,2 чел./км² (не согласуется)

Таким образом, можно сделать вывод о том, что впоследствии, при сохранении существующих темпов застройки и типов строительства плотность застройки и населения города только увеличатся, а, следовательно, риски возникновения геоэкологических проблем, влияющих на безопасность и комфорт проживания, только возрастут.

Таблица. Численность населения г. Ставрополя 1985-2022 гг. [9-15]
 Table. Population of Stavropol 1985-2022 [9-15]

Численность населения г. Ставрополя																	
Population of Stavropol																	
1985		1990		2000		2005		2010		2015		2020		2021		2022	
чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%
297 000	100	324 000	109	342 000	115	356 000	120	398 539	134	425 853	143	450 680	152	454 488	153	458 233	154

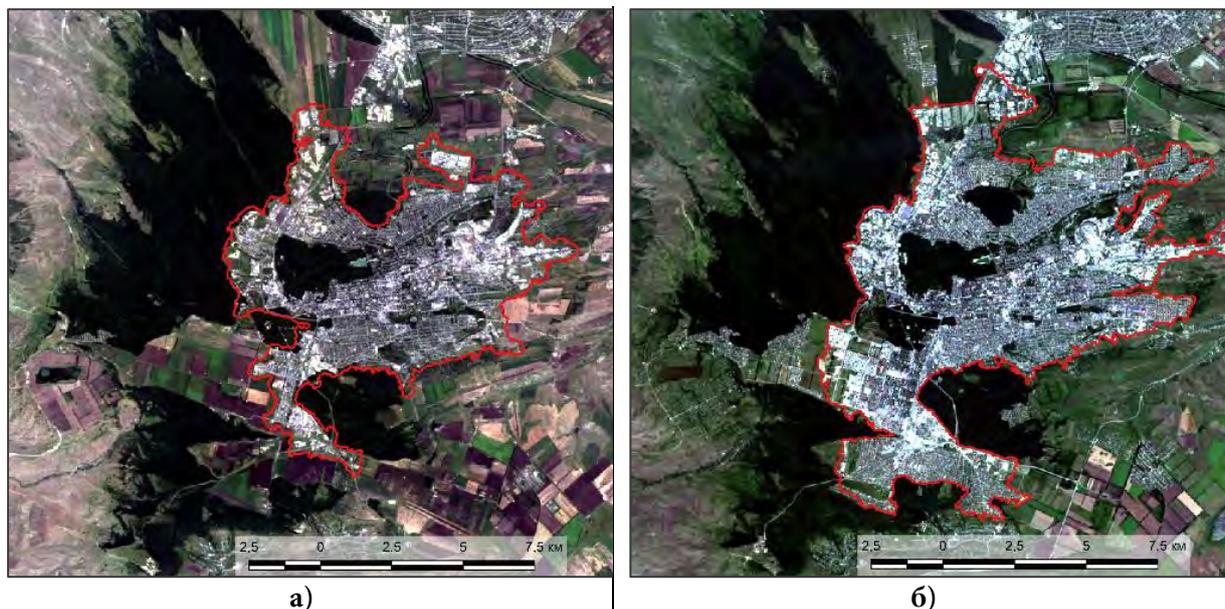


Рис. 2. Границы г. Ставрополя: а) – 1985 г.; б) – 2022 г.
 Fig. 2. Borders of Stavropol: а) is 1985; б) is 2022

Список источников

1. Легgett Р. Города и геология / пер. с англ. В. З. Махлина. М.: Мир, 1976. 559 с.
2. Лебедев А. А., Братков В. В. Применение оптических и радарных снимков для повышения точности выделения функциональных зон городской застройки (на примере Ставрополя) // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2021. Т. 65. № 4. С. 426-435. DOI: 10.30533/0536-101X-2021-65-4-426-435. EDN: VNCMSL
3. Лебедев А. А., Братков В. В. Алгоритм определения площади селитебных ландшафтов на основе данных дистанционного зондирования (на примере г. Ставрополя) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2015. № 4 (33). С. 86-93. EDN: VODYD
4. Заиканов В. Г., Минакова Т. Б., Булдакова Е. В. Геоэкологическая безопасность урбанизированных территорий: подходы и пути реализации // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2019. № 1. С. 17-23. DOI: 10.31857/S0869-78092019117-23. EDN: ZFDDYA
5. Минакова Т. Б., Заиканов В. Г. Проблемы геоэкологической безопасности урбанизированных территорий // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2018. № 3. С. 18-26. DOI: 10.31857/S0869-78092019117-23. DOI: 10.7868/S086978031803002X. EDN: XQKQIH
6. Большеротов А. Л., Пряхин В. Н. Экологические проблемы плотно застроенных урбанизированных территорий // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: экология и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 3. С. 72-76. EDN: KVUXEV
7. Карта: Ставропольский край [Карты]. М.: ДИ ЭМ БИ, 2001.
8. Экологический паспорт г. Ставрополя / под ред. С. И. Пахомовой. Ставрополь, 1995. 78 с. EDN: UVUYLX
9. Малков П. В. Российский статистический ежегодник. М.: Росстат, 2021. 692 с.
10. Народное хозяйство РСФСР в 1989 г.: статистический ежегодник. М.: Госкомстат РСФСР, 1990. 692 с.
11. Народное хозяйство СССР за 70 лет: юбилейный статистический ежегодник / Гос. ком. СССР по статистике. М.: Финансы и статистика, 1987. 765 с.
12. Российский статистический ежегодник: статистический сборник. М.: Гос. ком. Рос. Федерации по статистике, 2001. 679 с.
13. Суринов А. Е. Российский статистический ежегодник: статистический сборник. М.: Гос. ком. Рос. Федерации по статистике, 2017. 686 с.

References

1. Leggett R. Cities and geology / trans. from English by V. Z. Makhlin. Moscow: Mir, 1976:559. (In Russ).
2. Lebedev AA, Bratkov VV. Optical and radar images for improving accuracy in the allocation of functional areas of urban development (the case of Stavropol). *Izvestia Vuzov. Geodesy and Aerophotography*. 2021;65(4):426-435. DOI: 10.30533/0536-101X-2021-65-4-426-435. (In Russ). EDN: VNCMSL
3. Lebedev AA, Bratkov VV. The area determining algorithm of residential landscapes on the basis of remote sensing data (by the example of Stavropol). *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2015(4(33)):86-93. (In Russ). EDN: VODYD
4. Zaikanov VG, Minakova TB, Buldakova EV. Geoenvironmental safety of urban areas: approaches and implementation. *Geoekologiya. Inzheneraya Geologiya, Gidrogeologiya, Geokriologiya*. 2019(1):17-23. DOI: 10.31857/S0869-78092019117-23. (In Russ). EDN: ZFDDYA
5. Minakova TB, Zaikanov VG. Problems of geoecological security in urban territories. *Geoekologiya. Inzheneraya Geologiya, Gidrogeologiya, Geokriologiya*. 2018(3):18-26. DOI: 10.31857/S0869-78092019117-23. (In Russ). DOI: 10.7868/S086978031803002X. EDN: XQKQIH
6. Bolsherotov AL, Pryakhin VN. Environmental issues of densely built-up urban areas. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2009(3):72-76. (In Russ). EDN: KVUXEV
7. Map: Stavropol Territory [Maps]. Moscow: DI EM BI, 2001.
8. Pakhomova SI. (ed.) Ecological passport of Stavropol city. Stavropol, 1995:78. (In Russ). EDN: UVUYLX
9. Malkov PV. Russian statistical yearbook. Moscow: Rosstat, 2021:692. (In Russ).
10. National economy of the RSFSR in 1989: statistical yearbook. Moscow: Goskomstat of the RSFSR, 1990:692. (In Russ).
11. National economy of the USSR for 70 years: anniversary statistical yearbook / USSR State Committee on Statistics. Moscow: Finansy i statistika, 1987:765. (In Russ).
12. Russian statistical yearbook: statistical collection. Moscow: Goskomstat Rossii, 2001. 679 с. (In Russ).
13. Surinov AE. Russian statistical yearbook: statistical collection. Moscow: Goskomstat Rossii, 2017:686. (In Russ).
14. The permanent population of the Russian Federation by municipalities as of January 1, 2021: information and analytical materials. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (accessed 12.04.2023). (In Russ).

14. Численность постоянного населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2021 года: информационно-аналитические материалы. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения: 12.04.2023).

15. Численность постоянного населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2022 года: информационно-аналитические материалы. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения: 12.04.2023).

16. Лебедев А. А. Геоэкологический мониторинг городской застройки с помощью совместного использования космических снимков оптического и радиолокационного диапазонов // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии северного Кавказа. М.: Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН, 2022. С. 484-491. EDN: HGG0IH

15. The permanent population of the Russian Federation by municipalities as of January 1, 2022: information and analytical materials. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (accessed 12.04.2023). (In Russ).

16. Lebedev AA. Geoecological monitoring of urban development using the joint use of space images of the optical and radar ranges. *Current Issues of Geology, Geophysics and Geoecology of the North Caucasus*. Moscow: S. I. Vavilov Institute for the History of Natural Science and Technology of Russian Academy of Sciences, 2022:484-491. (In Russ). EDN: HGG0IH

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Лебедев Антон Андреевич, соискатель кафедры экологии и природопользования, Грозненский государственный нефтяной технический университет им. Акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия, lebedev_anton@list.ru

Научный руководитель: Братков В. В., доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой географии, Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия.

Статья поступила в редакцию 11.05.2023
Одобрена после рецензирования 15.05.2023
Принята к публикации 23.05.2023

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Anton A. Lebedev, Ph.D. student, Department of Ecology and Environmental Management, Millionshchikov Grozny State Oil Technical University, Grozny, Russia, lebedev_anton@list.ru ORCID

Scientific Supervisor: Bratkov V. V. Doctor of Science (Geography), Professor, Head of the Department of Geography, Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia.

The article was submitted 11.05.2023
Approved after reviewing 15.05.2023
Accepted for publication 23.05.2023

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 574.9
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-74-83
EDN: RVAJXE

К вопросу массового усыхания ели восточной на территории Тебердинского национального парка

© 2023 **Онищенко В. В.**✉^{1,2}, **Халамлив М. И.**¹

¹ Карачаево-Черкесский государственный университет им. У. Д. Алиева
Карачаевск, Россия, ovv333@mail.ru✉; kcsu@mail.ru

² Карачаево-Черкесское региональное отделение
Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество»
Карачаевск, Россия, kcsu@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Представлена реальная оценка возникновения и интенсивного развития процесса массового усыхания темнохвойных, горнолесных массивов в рекреационной зоне особо охраняемой природной территории (ООПТ). **Цель** исследования – поиск причин и факторов, способствующих деградации зрелых лесных сообществ в условиях стихийного рекреационного освоения популярных туристско-горнолыжных территорий Карачаево-Черкесии. **Метод** анализа проб атмосферного воздуха и пораженной хвои указывает, что усыхание ельников произошло от загрязнения воздушной среды взвешенными химическими веществами, способствующими выпадению кислотных осадков и металлов. Применение выборочно-статистического метода сканирования лесотаксационных показателей на участках экспериментальной трансекты с последующей обработкой методом информационной статистики демонстрирует динамику структуры древостоев типичного горнолесного массива до его современной трансформации; показывает реальный рост и развитие коренных лесных сообществ без признаков снижения устойчивости к внешним воздействиям. **Результаты и выводы.** Факторы рельефа естественного формирования продуктивных древостоев представляют оптимальную среду для восстановления леса и реконструкции утраченных лесных ландшафтов. Статус Национального парка допускает привлечение антропогенного фактора в процесс направленного восстановления естественных ландшафтов с применением инженерно-технологической логистики согласно Федеральному закону об ООПТ. Предложены первостепенные меры по восстановлению и сохранению деградированных горнолесных сообществ. Исследование представляет интерес для экологов, работников лесного хозяйства, заинтересованных природопользователей, специалистов горной инженерии.

Ключевые слова: рекреация в ООПТ, загрязнение воздуха, усыхание ели, обзор исследований, горнолесной массив, состав лесонасаждений, оптимальные условия, восстановление.

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

Mass Drying of Eastern Spruce in Teberdinsky National Park

© 2023 **Onischenko V. V.**✉^{1,2}, **Khalamliev M. I.**¹

¹ Umar Aliev Karachay-Cherkess State University
Karachaevsk, Russia, ovv333@mail.ru✉; kcsu@mail.ru

² Karachay-Cherkess Regional Branch of Russian Geographical Society
Karachaevsk, Russia, kcsu@mail.ru

ABSTRACT. It is presented a realistic assessment of the emergence and intensive development for the process of mass drying out of dark coniferous and mountain forests in the recreational zone of a specially protected natural area (SPNA). The **aim** of the paper is to search for the causes and factors contributing to the degradation of mature forest communities in the conditions of spontaneous recreational development of popular tourist and ski areas in Karachay-Cherkessia. The **method** of analyzing samples of atmospheric air and affected needles indicates that the drying out of spruce forests occurred due to air pollution with suspended chemicals that contribute to the precipitation of acid precipitation and metals. Selective statistical method of scanning forest taxation indicators in sections of the experimental transect with subsequent processing by the method of information statistics demonstrates the dynamics of the tree stands structure of a typical mountain forest before its modern transformation; it shows the real growth and development of indigenous forest communities without signs of decreasing resistance to external influences. **Results and conclusions.** Relief factors of the productive tree stands natural formation provide an optimal environment for forest restoration and reconstruction of lost forest landscapes. The status of a National Park allows for the involvement of the anthropogenic factor in the process of natural landscapes targeted restoration using engineering and technological logistics in accordance with the Federal Law on Protected Areas. Primary measures for the restoration and conservation of degraded mountain forest communities are proposed. The study is of interest to ecologists, forestry workers, interested users of natural resources, and mining engineering specialists.

Keywords: recreation in specially protected natural areas, air pollution, spruce drying, review of research, mountain forest, composition of forest plantations, optimal conditions, restoration.

For citation: Onishchenko VV, Khalamliev MI. Mass Drying of Eastern Spruce in Teberdinsky National Park. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2023;17(2):74-83 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-74-83. EDN: RVAJXE

Введение

С начала текущего столетия рекреационная нагрузка на территории Тебердинского (заповедника) национального парка существенно возросла [1; 2]. Количество транспорта на автодорогах Домбай – Гоначхир по неофициальным источникам увеличилось более чем в 10 раз. Приобрело массовый характер освоение новых горнолесных территории без учета их предназначения и геоэкологической ценности. Развитие туристского и горнолыжного кластера в КЧР значительно усилило воздействие на горные леса, которые оказались заложниками рекреационной экспансии. Вырубка лесов для создания горнолыжных трасс, или строительство гостиниц в зонах, близких к высокогорьям или в горной местности, представляет собой наращивание угрозы для горнолесных ландшафтов.

Рекреационно ориентированные лесные территории КЧР находятся под охраной ООПТ и предназначены для комфортного отдыха. Поэтому неэксплуатируемые горные леса сохраняются как резерваты живой природы для восстановления дикой местности и сохранения биоразнообразия. Лесные животные в горных местах служат объектами наблюдений.

Однако деградация горнолесных сообществ в виде массового усыхания и раз-

ложения темнохвойных древостоев на контактных рекреационных площадях Тебердинского национального парка приобрела катастрофический характер. Процесс усыхания горнолесных массивов продолжается.

Цель исследования – оценка причинно-следственной связи деградации зрелых лесных сообществ в рекреационной зоне Тебердинского национального парка Карачаево-Черкесии и поиск путей восстановления или реконструкции утерянных лесонасаждений.

Достижение поставленной цели осуществлялось изучением качества воздушной среды в рекреационной зоне ООПТ, наблюдением за природно-климатическими явлениями и анализом структуры древостоев в естественной среде.

Материалы и методы исследования

В процессе исследования проб воздушного пространства региона на базе экоаналитической лаборатории филиала ФГБУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Южному федеральному округу» – Центр лабораторного анализа и технических измерений по Карачаево-Черкесской Республике была сформирована база эмпирических данных и сформулирована гипотеза возникновения и развития процесса деградации ельников в рекреационной зоне Тебердинского национального парка [3-6].

Качество воздушной среды изучалось применением методологии интегральной оценки геохимического воздействия на ПТК [5].

В контексте дискуссии по вопросу массового усыхания ели восточной на территории ООПТ Карачаево-Черкесии проведен анализ эколого-географической ситуации характерного горнолесного массива до развития процесса катастрофической деградации коренных лесных сообществ с использованием архивных и фондовых материалов Тебердинского заповедника [7].

Сканирование лесотаксационных показателей на участках экспериментальной трансекты выполнялось выборочно-статистическим методом с последующей обработкой методом информационной статистики.

Результаты и их обсуждение

Многочисленные результаты исследований пока не позволяют однозначно установить реальную причину усыхания ели и тем более не решают в ближайшей перспективе проблемы восстановления и реконструкции утерянных ландшафтов. Особенно в горных, рекреационно значимых и сложных в геоэкологическом отношении природно-территориальных комплексах.

В публикациях последних лет [1; 2; 8; 9 и др.] демонстрируются различные методологические подходы и анализ источников эмпирической информации при установлении причин усыхания еловых насаждений в Тебердинском национальном парке. Предлагаются мероприятия долгосрочного восстановления трансформированных лесонасаждений без вмешательства человека, или методы борьбы с фито вредителями не применяемые ранее в горной местности.

В работе [2] проблема усыхания еловых древостоев рассматривается в различных регионах России. Выделяются факторы, способствующие массовому усыханию ели, в числе которых: доминирование в составе одной древесной породы, старовозрастность леса при очевидном преобладании одного возрастного поколения деревьев. Предполагается бактериально-инфекционный этиологический характер причины усыхания ели восточной. Авторы констатируют, что *усыхание темнохвойных* лесов в Тебердинском национальном парке является результатом ком-

плексного воздействия погодных условий и биотических факторов. Климатические изменения (повышение температуры воздуха и *избыток* осадков) создают благоприятные условия для развития бактериальных инфекций, повышения плотности и активности популяции короедатипографа. Рекомендации исследователей ориентированы на профилактические меры в виде внесения изменений в действующую нормативную базу, которая регламентирует санитарную деятельность при возникновении подобных ситуаций; возможности снижения антропогенной нагрузки на атмосферный воздух, а также развития экологической инфраструктуры туризма.

Создание и расширение горнолыжных комплексов распространяется в лесном поясе Карачаево-Черкесии, их число неуклонно увеличивается за последние два десятилетия. Соответственно и увеличивается антропогенный пресс.

Публикация М. Ю. Пукинской [9] отражает результаты мониторинга рекреационного района Тебердинского национального парка. Предварительно установлена основная причина усыхания ельников – вспышка численности короедатипографа (*Ips tyrographus* L.) в жаркие сезоны 2012 и 2015 гг. Нескольким неожиданно оказалось заключение автора об историческом возникновении усыхающих темнохвойных лесах на *безлесном пространстве (250 и 350 лет назад)*. Тем не менее вполне справедливы сомнения автора в успешности самовосстановления темнохвойного леса. Трудно согласиться с автором в ссылке на опыт изучения усохших пихто-ельников в Центральной Европе, который заключается в возможности восстановления усохших древостоев только естественным, без вмешательства человека, путем.

Учитывая исторически сложившийся симбиоз рекреационной, природоохранной и социально-экономической деятельности населения в Тебердинском национальном парке, а также неопределенность в последовательности и сроках естественных сукцессий, выжидательная позиция в части восстановления и реконструкции деградированных лесонасаждений не может быть оправданной.

Отсутствие единой концепции в исследованиях причинно-следственной связи

массового усыхания ельников в Тебердинском национальном парке пока затрудняет принятие управленческих решений по восстановлению и реконструкции утраченных ландшафтов.

Проведенные нами исследования качества атмосферного воздуха, пораженной хвои и физиологических особенностей ели восточной указывает, что усыхание ельников произошло от загрязнения воздушной среды взвешенными химическими веществами, вызывающими выпадение кислотных осадков, и загрязнением сопутствующими металлами.

Таким образом, следует предположить, что причина усыхания древостоев ели связана с загрязнением воздушной среды и физиологически низкой устойчивостью вида в бурном потоке рекреационного развития уязвимых, стесненных горными хребтами ущелий и долин без соблюдения СНиП, в совокупности с региональным потеплением климата.

Загрязнителями воздушного пространства в горах рекреационной зоны в первую очередь являются выхлопные газы, неуклонно увеличившегося потока автотранспорта, летучие вещества и соединения от сжигания твердого и жидкого топлива, древесины для обогрева помещений гостиничных комплексов, бытовых и хозяйственных отходов и др.

В структуре выбросов преобладают: твердые вещества, оксиды азота, углеводороды, оксид углерода, летучие органические соединения (ЛОС) и другие. Лесные пожары также вносят вклад в распространение SO_2 , аэрозолей серы, черного углерода, тяжелых металлов и органических загрязнителей. Взвешенное состояние большинства выбросов действует на деревья в виде сухих осадков непосредственно через листву. При реакции с атмосферной водой они образуют кислотные осадки. Дождь с кислотностью (рН 5,6) даже при отсутствии подкислителей воздуха, из-за присутствия углекислого газа (CO_2) в воздухе, с водой образует угольную кислоту (H_2CO_3).

Горные территории вблизи Главного Кавказского хребта принимают большое количество осадков [10] и, таким образом, испытывают большие нагрузки любых химических веществ и частиц из атмосферной влаги.

Установлено [11; 12], что хвойные породы деревьев более восприимчивы к влиянию кислотных дождей, чем листвен-

ные. Особенно чувствительным к воздушным загрязнителям оказался верхний полог елового древостоя в контакте с антропогенной территорией.

Насыщение воздушной среды летучими веществами подтверждается значительно участвовавшими погодноклиматическими явлениями: инверсий, обволакивающих туманов, смога, изморози и т. д., которые, снижая рассеивание загрязнителей, активизируют выпадение кислотных осадков.

За истекший, более чем 15-летний период, валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу КЧР в годовом цикле увеличился более чем в три раза (с 19 до 58 тыс. т в год) [3].

В качестве аргумента, подтверждающего достоверность нашей гипотезы усыхания ели, предполагалось, что повторение процесса катастрофической деградации ельников будет в ущельях и долине Архыз, где в полной мере складывалась геоэкологическая ситуация, подобная Домбайскому сценарию. Спустя 10-12 лет после интенсивного освоения Домбайского комплекса последовал зеркальный характер усыхания ельников в районе развития туристско-горнолыжного комплекса Архыз. От работников охраны Архызского отдела Тебердинского национального парка и местного населения начали поступать сигналы крайней озабоченности.

Изучение структуры и распространения древостоев типичного горнолесного массива до его современной трансформации показало реальный рост и развитие коренных лесных сообществ без признаков снижения устойчивости к внешним воздействиям.

При исследовании структуры и динамики лесных сообществ и экосистем Тебердинского заповедника информационно-статистическим методом [7], установлены региональные особенности роста, развития и распространения коренных типов леса подверженных в настоящее время деструкции.

В конце 80-го десятилетия с целью изучения структуры и функционирования лесных фитоценозов [7] в 15-и км от южной границы Домбайского рекреационного комплекса вдоль автотрассы Домбай – Теберда была заложена трансекта (рис. 1). На основе выборочно-статистического метода вдоль базового и ходовых визиров

трансекты через каждые 100 м горизонтального проложения закладывались пробные площади 15х15 м (225 м²) с ком-

плексом геоботанических (лесоводственно-таксационных, геоморфологических, почвенных) измерений и описаний.

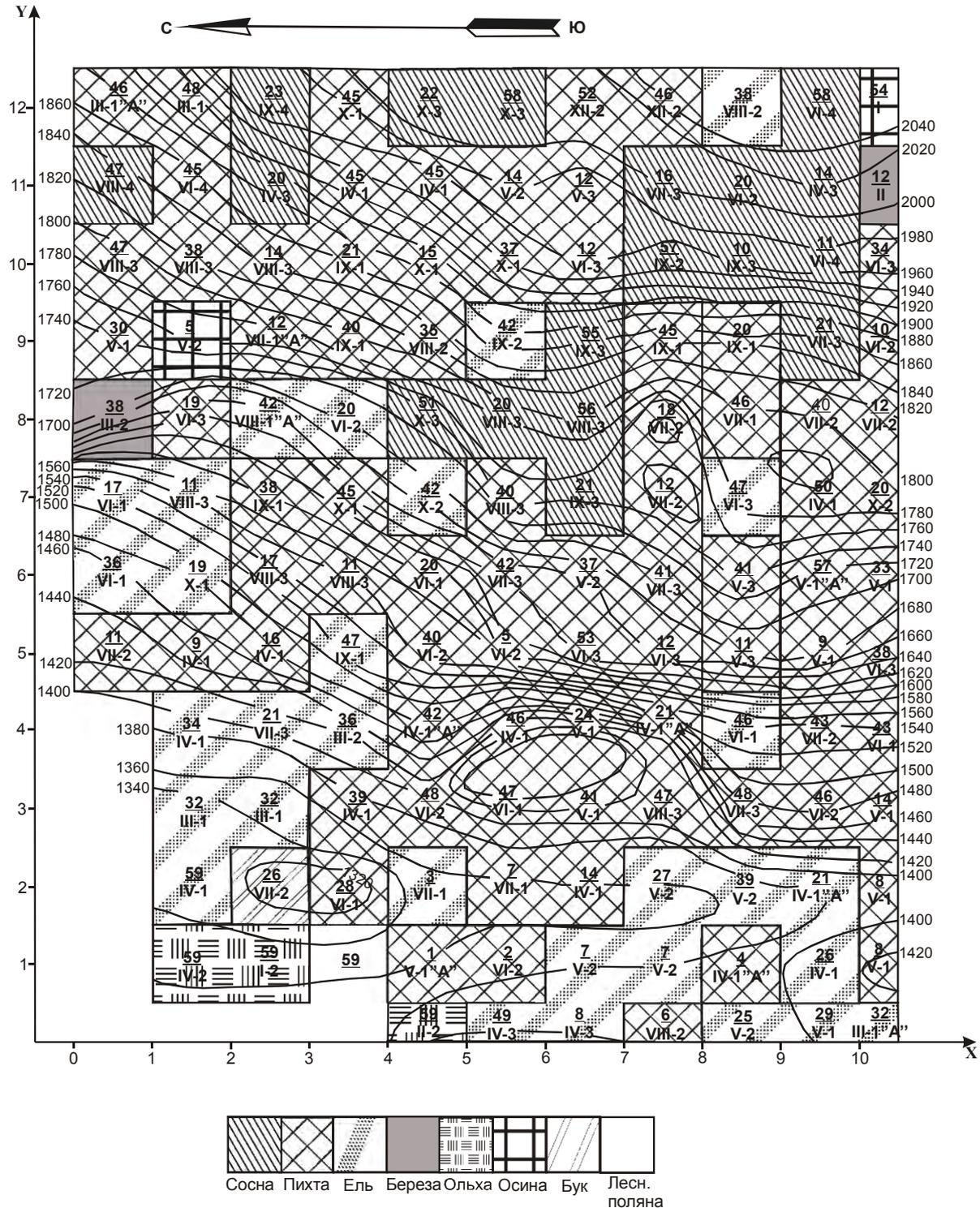


Рис. Структура коренных лесных сообществ трансекты «Хаджибей» в рекреационной зоне Тебердинского национального парка (до усыхания ельников)
 Fig. The structure of indigenous forest communities of Khadzhibey transect in the recreational zone of Teberdinsky National Park (before the spruce forests dried out)

Таблица. Типы сочетаний характеристик рельефа на ключевом участке Хаджибей
 Table. Types of combinations of relief characteristics in the key area of Khadzhibey

Экспозиция склона Slope exposure	Крутизна склона (градусы) Slope steepness (degrees)	Сочетания продольного и поперечного профилей склонов Combinations of longitudinal and transverse slope profiles									
		Выпуклый Convex	Вогнутый Concave	Выпуклый Convex	Ровный Smooth	Выпуклый Convex	Выпуклый Convex	Вогнутый Concave	Ровный Smooth	Вогнутый Concave	Выпуклый Convex
Западная	до 5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
	11-20	3	4	-	-	5	-	6	-	7	8
	21-30	9	10	11	-	12	13	-	14	15	16
	31-40	-	17	18	-	-	19	-	20	21	22
	Св. 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23
Северо-западная	до 5	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-
	6-10	-	-	-	-	-	-	-	25	26	-
	11-20	-	27	28	-	29	30	-	31	32	-
	21-30	33	34	-	-	35	36	37	38	39	-
	31-40	-	40	41	-	42	43	44	45	46	47
	Св. 40	-	-	-	-	-	-	-	48	-	-
Юго-западная	6-10	-	-	-	-	-	49	-	-	-	-
	21-30	-	-	-	-	50	51	52	53	-	54
	31-40	-	55	56	-	57	-	-	-	-	58
Равнина	0	-	-	-	-	-	-	-	-	59	-

В числителе дробных показателей оконтуренных выделов (по экспериментальным участкам) указаны типы сочетаний градаций экспозиции, крутизны, геоморфологического профиля (продольный, поперечный) склонов и высотных отметок (табл.). В знаменателе указаны класс возраста основного яруса и бонитет насаждения.

Профиль поверхности микро-склонов принят нами в следующих градациях – выпуклый, вогнутый и ровный. Матрица сочетаний факторов рельефа и абсолютной высоты, составленная для ключевого горнолесного массива в таблице, использована в расчетах и анализе сопряженных связей экологических факторов и лесотаксационных показателей.

Пологие участки подножия склона трансекты на припойменных террасах сменяются крутыми и покатыми уклонами. Скальные обнажения переходят в микропонижения. Контрастная дифференциация форм рельефа определяет разнообразие продольных и поперечных профилей даже на крайне малых микро-

участках. Формирование рельефа нашло отражение в структуре и распределении растительного покрова. Амплитуда высот в пределах трансекты составила 640 м (1420-2060 м).

На исследованном мезосклоне площадью 120 га наиболее распространены сплошные массивы пихтовых и сосновых насаждений. Древостой с преобладанием в составе ели составили около 27%. В настоящее время ель практически усохла, ее остатки заселены вторичными энтомо вредителями и интенсивно вываливаются, захламляя лесное пространство.

Верхние высотные уровни хвойного леса пересекают естественные «разрывы», заполненные валунами, каменно-глыбовыми потоками или вывалившимися под действием снежных оползней растительными остатками.

Информационно-статистический анализ [7] позволил выявить экологическую толерантность и приуроченность доминантов лесных сообществ на трансекте «Хаджибей», которая определяет естественное их распространение в локальных

нипах. Такой тип формирования горных лесонасаждений является повсеместным для всей естественно функционирующей территории национального парка. Ель в роли доминанта, встречаясь до отметок свыше 2100 м, тем не менее, устойчива в нижних частях склонов до отметки 1600 м.

Пихта кавказская более толерантна к высотным отметкам и формам рельефа, что характерно для горнолесного пояса. Даже на крайних высотных этажах она в роли доминанта лесных сообществ успешно конкурирует, образуя высокопроизводительные древостои. Пихта – тенелюбивая порода, в отличие от теневыносливой ели восточной. Поэтому редко доминирует в основном ярусе юго-западных микросклонов. Она формирует устойчивые пихтарники на склонах северо-западной и западной экспозиций. К крутизне склонов пихта не требовательна, успешно развиваясь как на слабо покатых, так и очень крутых (круче 40°) участках.

Доминирование сосны на склонах западной экспозиции свидетельствовало о принадлежности как светолюбивой породы к более ранней стадии сукцессии. В период закладки трансекты сосна продолжала господствовать в основном ярусе, заметно уступая место ели, а затем и пихте более молодых поколений.

Составы пихтовых и еловых древостоев по запасу были весьма неоднородны, сформированные иногда из четырех и более пород. Доля участия доминантов на отдельных выделах снижалась до 30%. Сопутствующими породами темнохвойных типов леса были бук восточный и клен высокогорный, реже осина с березой, выпадающие до достижения основным ярусом возраста естественной спелости. Выше отметки 1700 м в темнохвойные массивы вклинивались сосновые древостои, тяготеющие к склонам южных румбов. В доминантных сосняках доля участия темнохвойных пород была весьма существенна, что свидетельствовало о естественной смене доминантов сосны темнохвойными породами.

Возраст темнохвойных типов леса сильно дифференцирован. На нижних участках в основном ярусе отмечены сообщества III-VIII классов возраста. Рост и развитие возрастных поколений пихты и ели очень схожи. Трудно установить первоначальную роль этих пород в формиро-

вании структуры темнохвойного типа леса. Тем не менее пихта способна возобновляться под сплошным материнским пологом, тогда как ель предпочитает боковое затенение. Пихта и ель неотъемлемые спутники (содоминанты) на определенных возрастных этапах, когда пихта стремится к господству, постепенно вытесняя ель.

Полнота сложных по составу сообществ приближается к показателям нормальных древостоев, тогда как для темнохвойных сообществ она обычно выше единицы, в зависимости от крутизны склонов (если ориентироваться на стандартные таблицы хода роста).

Древостои участка «Хаджибей» до усыхания основного полога отличались хорошим ростом и развитием, очищаемостью стволов от сучьев, компактной (высоко посаженной), конусовидной кроной и многими другими показателями, относящими эти насаждения к уникальным естественным памятникам природы.

Каждый из типов леса приспособливается и устойчив в комплексе определенных значений факторов среды, который он в состоянии занимать.

Коренные, эндемичные темнохвойные древостои являются эталонами в многомерном геоэкологическом пространстве на территории их деградации. Поэтому восстановление и реконструкцию утраченных ландшафтов целесообразно осуществлять с учетом причинно-следственных связей усыхания древостоев, толерантности генетической структуры насаждений и современных требований рекреации. Безусловно, такой подход позволит ускорить восстановление лесной среды в инфраструктуре туристского и горнолыжного комплекса.

Преобразование Тебердинского заповедника в национальный парк позволяет скоординировать процесс направленного восстановления естественных ландшафтов с применением инженерно-технологической логики. Федеральный закон об ООПТ (ст. 13-17) [13] допускает в подобных ситуациях вмешательство человека при рациональном планировании с соблюдением условий сохранения биоразнообразия.

Принятый методологический подход геоэкологической оценки распростране-

ния естественных типов леса дает возможность обсуждать:

- 1) конкретное место лесного сообщества в реальной экологической среде;
- 2) характер реакции лесного сообщества на изменение факторов занимаемого экологического пространства;
- 3) диапазон оптимального сочетания экологических факторов с оценкой структуры лесонасаждений;
- 4) отдельные вопросы прогнозирования сукцессий, реконструкции и восстановления лесных сообществ.

Заключение

В совокупности проведенных исследований можно констатировать и рекомендовать:

- причиной усыхания древостоев ели восточной является загрязнение воздушной среды и физиологически низкая устойчивость вида в интенсивном, стихийном потоке рекреационного развития уязвимых, стесненных горными хребтами ущелий и долин в преобразующемся мезоклимате без соблюдения СНИП;
- в плане сохранения качества воздушного пространства в зонах рекреации не-

обходим механизм регулирования движения транспорта (особенно грузового), централизованное и экономически доступное потребителям газо- и электро-снабжение;

- при восстановлении леса на участках, подверженных усыханию, целесообразно стремиться к формированию коренных, устойчивых сообществ в естественных экосистемах;
- статус национального парка допускает рациональное вмешательство человека в процессы восстановления и реконструкции коренных ландшафтов;
- формирование состава основного яруса темнохвойного леса следует ориентировать на доминирование пихты кавказской, участие ели восточной, в возрасте естественной спелости не должно превышать 20 % в перспективном развитии сложной структуры сообществ;
- профилактическим мероприятием в горнолесных сообществах следует допускать удаление ели при первых признаках усыхания.

Список источников

1. Зеленская Т. Г., Степаненко Е. Е., Окрут С. В., Безгина Ю. А., Халикова В. А. Оценка рекреационной нагрузки на Тебердинский государственный природный биосферный заповедник // Успехи современного естествознания. 2021. № 11. С. 58-63. DOI: 10.17513/use.37713. EDN: AYZWHS
2. Атанов И. В., Динаев А. А., Шутко А. П., Зеленская Т. Г., Хасай Н. Ю. Мониторинг экологического и фитосанитарного состояния темнохвойных лесных массивов Тебердинского национального парка // Успехи современного естествознания. 2022. № 12. С. 21-29. DOI: 10.17513/use.37945. EDN: WYXXTH
3. Байчорова Э. М., Дега Н. С., Онищенко В. В., Эрикенов С.-Б. М. Атмосферные примеси и здоровье населения – геоэкологический императив устойчивого развития горной Карачаево-Черкесии // Устойчивое развитие горных территорий. 2018. Т. 10. № 3(37). С. 358-365. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-3-358-365. EDN: YONKIH
4. Дега Н. С., Онищенко В. В., Петропавловский Б. С. Влияние техногенной трансформации воздушной среды на устойчивость хвойных лесов Карачаево-Черкесии // Устойчивое развитие горных территорий. 2018. Т. 10. № 1(35). С. 69-76. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-1-69-76. EDN: XOSITZ

References

1. Zelenskaya TG, Stepanenko EE, Okrut SV, Bezgina YuA, Khalikova VA. Assessment of recreation load on the Teberdin State Natural Biosphere Reserve. *Advances in Current Natural Sciences*. 2021(11):58-63. (In Russ). DOI: 10.17513/use.37713. EDN: AYZWHS
2. Atanov IV, Dinaev AA, Shutko AP, Zelenskaya TG, Khasay NYu. Monitoring of the ecological and phytosanitary condition of dark coniferous forests in the Teberdinsky. *Advances in Current Natural Sciences*. 2022(12):21-29. (In Russ). DOI: 10.17513/use.37945. EDN: WYXXTH
3. Baichorova EM, Dega N., Onishchenko VV, Arikonov SBM. Atmospheric pollutants and health – geo-ecological imperative of sustainable development of mountains of Karachay-Cherkessia. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2018;10(3(37)):358-365. (In Russ). DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-3-358-365. EDN: YONKIH
4. Dega NS, Onishchenko VV, Petropavlovskiy BS. Air medium technogenic transformation affect on the coniferous forests of Karachay-Chekessia. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2018;10(1(35)):69-76. (In Russ). DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-1-69-76. EDN: XOSITZ
5. Onishchenko VV, Baychorova EM. Influence of

5. Онищенко В. В., Байчорова Э. М. Влияние качества воздушной среды на хвойные леса Тебердинского заповедника // Известия Дагестанского государственного педагогического университета серия. Естественные и точные науки. 2018. Т. 12. № 4. С. 69-78. DOI: 10.31161/1995-0675-2018-12-4-69-78. EDN: MLWJSO
6. Онищенко В. В., Дега Н. С., Эдиев А. У., Липилин Д. А. Климатогенная трансформация горнолесных ассоциаций и вектор устойчивых восстановительных сукцессий // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2022. № 2(214). 74-84. DOI: 10.18522/1026-2237-2022-2-74-84. EDN: OOWJPK
7. Онищенко В. В. Горное лесообразование. Особенности, геоэкологический анализ, методы. Germany: LAMBERT Academic Publishing, 2011. 381 с.
8. Лесохозяйственный регламент лесничества «Государственный природный заповедник «Тебердинский»: официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/dokumenty_po_voprosam_oopt/lesokhozyaystvennye_reglamenty_oopt/lesokhozyaystvennyy_reglament_lesnichestva_gosudarstvennyy_prirodnyy_zapovednik_teberdinskiy/ (дата обращения: 15.04.2023)
9. Пукинская М. Ю. Реконструкция динамики темнохвойных лесов Тебердинского заповедника и перспективы их естественного восстановления после массового усыхания. Поволжский экологический журнал. 2022. № 4. С. 431-451. DOI: 10.35885/1684-7318-2022-4-431-451. EDN: XPEYLE
10. Ефремов Ю. В., Панов В. Д., Лурье П. М., Ильичев Ю. Г., Панова С. В., Лутков Д. А. Орография, оледенение, климат Большого Кавказа: опыт комплексной характеристики и взаимосвязей. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2007. 338 с. EDN: XBQEDR
11. Протасов В. Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. М.: Финансы и статистика, 2000. 670 с.
12. Добровольский В. В. Основы биогеохимии: учебное пособие. М.: Высш. шк., 1998. 413 с.
13. Об особо охраняемых природных территориях: Федеральный закон от 14 марта 1995 г. N 33-ФЗ (в ред. Федерального закона от 18.03.2023 N 77-ФЗ) // Справочная правовая система КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LA_W_6072/ (дата обращения: 15.04.2023)
- air quality on the coniferous forests of Teberdinsky Reserve. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2018;12(4):69-78. (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2018-12-4-69-78. EDN: MLWJSO
6. Onischenko VV, Dega NS, Ediev AU, Lipilin DA. Climatogenic transformation of mountain forest associations and the vector of stable restorative successions. *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Sciences*. 2022(2(214):74-84. (In Russ). DOI: 10.18522/1026-2237-2022-2-74-84. EDN: OOWJPK
7. Onishchenko VV. Mountain forest formation. Features, geoecological analysis, methods. Germany: LAMBERT Academic Publishing, 2011:381. (In Russ).
8. Forestry regulations of Teberdinsky State Nature Reserve: official website of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/dokumenty_po_voprosam_oopt/lesokhozyaystvennye_reglamenty_oopt/lesokhozyaystvennyy_reglament_lesnichestva_gosudarstvennyy_prirodnyy_zapovednik_teberdinskiy/ (accessed 15.04.2023). (In Russ).
9. Pukinskaya M.Yu. Reconstruction of the dynamics of the dark coniferous forests of the Eberdinsky Tature Keserve and prospects for their natural recovery after mass drying out. *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2022(4):431-451. DOI: 10.35885/1684-7318-2022-4-431-451. (In Russ). EDN: XPEYLE
10. Efremov YuV, Panov VD, Lure PM, Ilichev YuG, Panova SV, Lutkov DA. Orography, glaciation, climate of the Greater Caucasus: experience of complex characteristics and relationships. *Krasnodar: Kuban State University*, 2007:338. (In Russ). EDN: XBQEDR
11. Protasov VF. Ecology, health and environmental protection in Russia. Moscow, *Finansy i statistika*, 2000:670. (In Russ).
12. Dobrovolsky VV. Fundamentals of biogeochemistry: textbook. Moscow, *Vyssh. shk.*, 1998:413. (In Russ).
13. On specially protected natural territories: Federal Law of March 14, 1995 N 33-FZ (as amended by Federal Law of March 18, 2023 N 77-FZ). Consultant Plus Reference Legal System. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LA_W_6072/ (accessed 15.04.2023). (In Russ).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Онищенко Вячеслав Валентинович, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования, Карачаево-Черкесский государственный университет имени У. Д. Алиева; Карачаево-Черкесское региональное отделение Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество», Карачаевск, Россия, ovv333@mail.ru

Халамлиев Магомед Исакович, старший преподаватель кафедры теоретических основ физической культуры и туризма, Карачаево-Черкесский государственный университет имени У. Д. Алиева, Карачаевск, Россия, kcsu@mail.ru

Критерии авторства

Онищенко В. В. – разработка методологии, анализ данных литературных и фондовых источников, полевые исследования, подготовка и редактирование статьи; Халамлиев М. И. – полевые исследования, анализ данных литературных и фондовых источников, разработка практических рекомендаций.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 05.06.2023
Одобрена после рецензирования 12.06.2023
Принята к публикации 13.06.2023

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Vyacheslav V. Onischenko, Doctor of Science (Geography), Professor, Head of the Department of Ecology and Environmental management, Umar Aliev Karachay-Cherkess State University; Karachay-Cherkess Regional Branch of Russian Geographical Society, Karachaevsk, Russia, ovv333@mail.ru

Magomed I. Khalamliev, Senior Lecturer, Department of Theoretical Foundations of Physical Culture and Tourism, Umar Aliev Karachay-Cherkess State University, Karachaevsk, Russia, kcsu@mail.ru

Contribution of the authors

Onischenko V. V. – development of methodology, analysis of data from literary and stock sources, field research, preparation and article editing; Khalamliev M. I. – field research, analysis of data from literary and stock sources, development of practical recommendations.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 05.06.2023
Approved after reviewing 12.06.2023
Accepted for publication 13.06.2023

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 504.054
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-84-93
EDN: TDMBKE

Интегральная геоэкологическая оценка техногенного загрязнения городской среды крупного центра металлургической промышленности (на примере г. Липецка)

© 2023 Седых В. А. [✉] 1, Куролап С. А. 1, Мазуров Г. И. 2, Козлов А. Т. 3, Закусилов В. П. 3

¹ Воронежский государственный университет

Воронеж, Россия, vladseydikh48@mail.ru [✉]; skurolap@mail.ru

² Главная геофизическая обсерватория имени А. И. Воейкова
Санкт-Петербург, Россия, nanmaz@rambler.ru

³ Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»
Воронеж, Россия, geoeecolog@mail.ru, zakusilov04@yandex.ru

РЕЗЮМЕ. Целью данного исследования является геоэкологическая оценка состояния городской среды крупного металлургического центра (на примере города Липецка) с учетом многофакторного воздействия. **Методы.** Данное исследование выполнено путем натурных измерений, экогеохимических и биоиндикационных методов, а также методов математико-статистического анализа. **Результаты.** Проведенное исследование позволило произвести геоэкологическое зонирование территории города Липецка с учетом загрязнения различных природных компонентов и биоиндикационных реакций растительных организмов. **Выводы.** Путем интегральной оценки на территории города Липецка выявлены зоны как высокого, так и низкого экологического риска. Участки, характеризующиеся высоким уровнем загрязнения, локализованы в левобережной промышленной части города к югу от главной промышленной площадки – Новолипецкого металлургического комбината, что обусловлено наложением нескольких источников загрязнения и их непосредственной близостью (Тракторный район). Также зоны повышенного риска наблюдаются в правобережной части и приурочены к наиболее загруженным участкам улично-дорожной сети. Районы, для которых характерен низкий уровень загрязнения, расположены в северной и западной частях города и удалены от основных источников загрязнения.

Ключевые слова: техногенное загрязнение, геоэкологическая оценка, городская среда, комплексный подход, город Липецк.

Формат цитирования: Седых В. А., Куролап С. А., Мазуров Г. И., Козлов А. Т., Закусилов В. П. Интегральная геоэкологическая оценка техногенного загрязнения городской среды крупного центра металлургической промышленности (на примере г. Липецка) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 2. С. 84-93. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-84-93. EDN: TDMBKE

Integral Geoecological Assessment of Technogenic Pollution for the Urban Environment of the Metallurgical Industry Large Center (Using the Example of Lipetsk City)

© 2023 Vladislav A. Sedykh[✉] 1, Semyon A. Kurolap 1, Gennady I. Mazurov 2,
Alexandr T. Kozlov 3, Alexandr I. Sumin 3

¹ Voronezh State University

Voronezh, Russia, vladsevkyh48@mail.ru[✉]; skurolap@mail.ru

² Voeikov Main Geophysical Observatory

Saint Petersburg, Russia, nanmaz@rambler.ru

³ Military Educational and Scientific Centre of the Air Force “N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Air Force Academy”

Voronezh, Russia, geoecolog@mail.ru, zakusilov04@yandex.ru

ABSTRACT. The aim of the research is a geoecological assessment of the urban environment state of a large metallurgical center (using the example of Lipetsk city) taking into account multifactorial impact. **Methods.** This study was carried out using field measurements, ecogeochemical and bioindication methods, as well as methods of mathematical and statistical analysis. **Results.** The study made it possible to carry out geoecological zoning of Lipetsk city territory, taking into account pollution of various natural components and bioindicative reactions of plant organisms. **Conclusions.** By means of an integral assessment on Lipetsk city territory, zones of both high and low environmental risk were identified. Areas characterized by a high pollution level are localized in the left-bank industrial part of the city to the south of the main industrial site – Novolipetsk Metallurgical Plant, due to the overlap of several pollution sources and their close proximity (Traktorny District). Also, high-risk areas are observed in the right-bank part and are confined to the busiest sections of the road network. Areas with a low pollution level are located in the northern and western parts of the city and are far from the main sources of pollution.

Key words: technogenic pollution, geoecological assessment, urban environment, integrated approach, Lipetsk city.

For citation: Sedykh VA, Kurolap SA, Mazurov GI, Kozlov AT, Sumin AI. Integral Geoecological Assessment of Technogenic Pollution for the Urban Environment of the Metallurgical Industry Large Center (Using the Example of Lipetsk City). *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2023;17(2):84-93 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-84-93. EDN: TDMBKE

Введение

В настоящее время проблема техногенного загрязнения городской среды является одной из наиболее важных и актуальных в сфере экологической безопасности регионов. Возрастающие промышленные мощности и нарастающее количество городского автотранспорта играют ведущую роль в эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду и создают неблагоприятные условия для всех природных компонентов на городских территориях.

Вопрос техногенного воздействия и загрязнения природных сред в условиях города рассматривается в работах многих отечественных ученых и отражен в ряде региональных геоэкологических исследований [1-5]. Работа в данном направлении ведется также и зарубежными учеными разных стран, где продемонстрированы различные подходы к оценке [6-8].

Наиболее актуальным вопросом техногенного загрязнения является в промышленных городах, где на сравнительно небольшой площади сконцентрирован

мощный промышленный потенциал. Одним из таких городов является Липецк – крупный центр металлургической промышленности Центрального Черноземья.

Промышленная структура областного центра представлена предприятиями различных отраслей производства: металлургической, машиностроительной, химической, производством строительных материалов, объектами энергетики и коммунальной сферы. В 2021 г. валовая эмиссия загрязняющих веществ от стационарных источников составила 271,5 тыс. т [9].

Основной промышленной специализацией города является черная металлургия с полным производственным циклом. На территории Липецка расположен один из крупнейших в Российской Федерации металлургических комбинатов – ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (далее – НЛМК), включающий в себя полный спектр металлургического и сопутствующих производств: агломерационное, коксохимическое, доменное, сталелитейное, прокатное, ферросплавное, огнеупор-

ное производства, шлакопереработку. Также предприятие располагает собственной ТЭЦ, обеспечивающей 60-70 % потребностей комбината. На НЛМК приходится основная доля всех выбросов загрязняющих веществ с показателем 266 тыс. т в 2021 г., что составляет порядка 98 % от общей валовой эмиссии города. Помимо стационарных источников, важную роль в эмиссии загрязняющих веществ играет автотранспорт, на долю которого приходится порядка 13 % всех поступающих в атмосферу поллютантов [9].

Материалы и методы исследования

В основу анализа и оценки состояния городской среды города Липецка нами был положен комплексный подход и предложена методика интегральной оценки окружающей среды в условиях промышленного центра, учитывающая факторы аэротехногенного и почвенного загрязнения, а также биоиндикационные реакции древесной растительности. Исследование включало в себя первичную покомпонентную оценку каждого фактора и последующий расчет интегрального индекса загрязнения.

Оценка аэротехногенного загрязнения.

Для оценки состояния воздушной среды города нами были проведены натурные измерения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с использованием переносного газоанализатора ГАНК-4 (А) в 61 мониторинговой точке на территории Липецка (рис. 1) с учетом функциональных зон города (промышленная, транспортная, жилая, рекреационная). Измерения осуществлялись по пяти приоритетным веществам: оксид углерода (CO), диоксид азота (NO₂), диоксид серы (SO₂), фенол (C₆H₆O), формальдегид (CH₂O). Всего было произведено 1525 измерений в период с 2020 по 2022 г. по сезонам (осень, зима, весна, лето). Все измерения осуществлялись в соответствии с методиками и рекомендациями, изложенными в Руководстве по контролю загрязнения атмосферы [10].

Также нами были использованы фоновые данные Липецкого центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Липецкий ЦГМС) по указанным выше поллютантам и сероводороду (всего шесть загрязнителей).

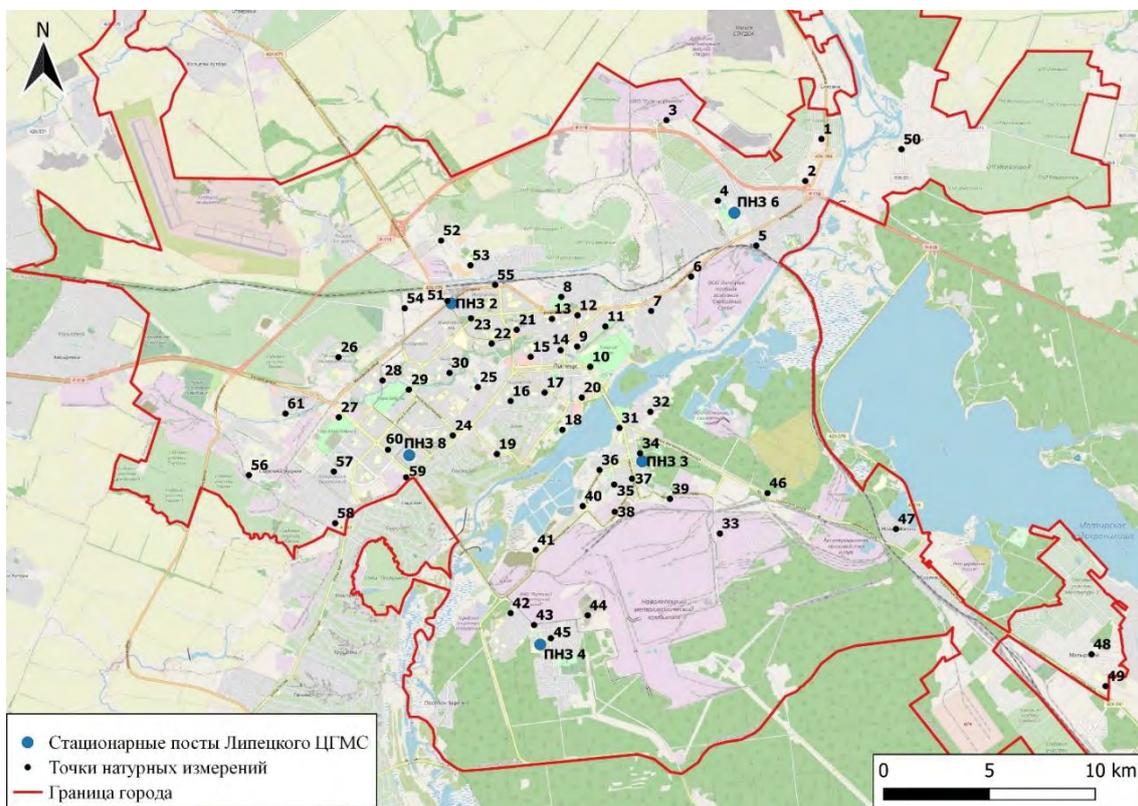


Рис. 1. Расположение точек натурных измерений и посты наблюдения за атмосферой Липецкого ЦГМС

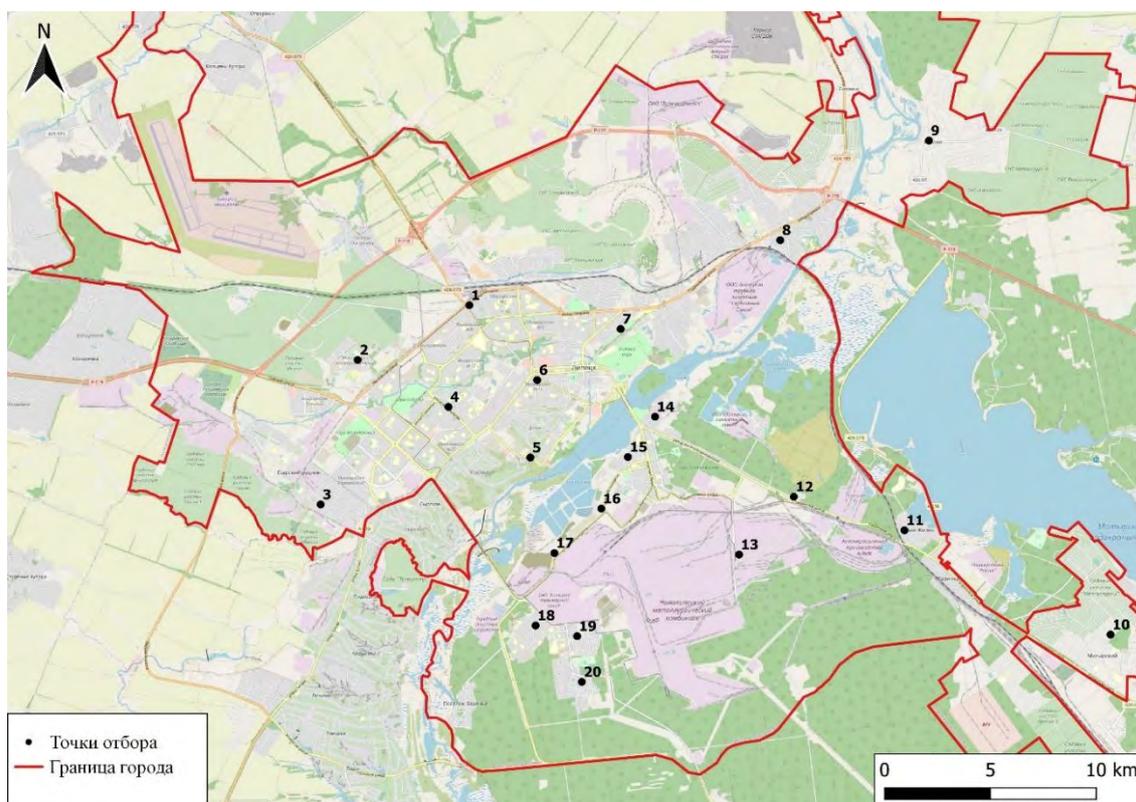


Рис. 2. Расположение точек отбора проб почвы
 Fig. 2. Location of soil sampling points

После оценки каждого компонента был произведен расчет общего коэффициента загрязнения атмосферы с учетом всех шести исследуемых поллютантов, с использованием формулы К. А. Бушгуевой (1):

$$K_{\text{атм}} = (C_1/N_1 * \text{ПДК } C_1 + C_2/N_2 * \text{ПДК } C_2 + \dots + C_n/N_n * \text{ПДК } C_n), \quad (1)$$

где $K_{\text{атм}}$ – интегральный индекс загрязнения атмосферы, $C_{1...n}$ – концентрация поллютантов в атмосферном воздухе; $\text{ПДК}_{1...n}$ – предельно допустимые концентрации вещества в атмосферном воздухе; N – коэффициент, величина которого зависит от класса опасности вещества и равна: для I класса – 1, для II класса – 1,5, для III класса – 2, для IV класса – 4.

Оценка загрязнения почвенного покрова. Для оценки загрязнения почв на территории города Липецка были проведены отбор проб почв и последующий лабораторный анализ образцов на содержание четырех элементов тяжелых металлов: цинк (Zn), кадмий (Cd), свинец (Pb), ртуть (Hg). Отбор проб осуществлялся на всей территории города с учетом функциональных зон в 20 мониторинговых точках

(рис. 2). На каждой точке была отобрана объединенная проба, состоящая не менее чем из двух точечных проб. Глубина отбора составляла 0-20 см.

Анализ проб на содержание тяжелых металлов был осуществлен в соответствии с ПНД Ф 16:2:2:2:3.48-06 [11].

Для комплексной оценки металлизации почвы рассчитан показатель суммарного загрязнения почвы тяжелыми металлами (СПЗ) по формуле (2):

$$\text{СПЗ} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \quad (2)$$

где n – число веществ; C_i – концентрация i -загрязняю его вещества в почве территории; ПДК_i – предельно-допустимая концентрация i -вещества в почве.

Оценка биоиндикационных реакций.

Для оценки биоиндикационных реакций нами были проведены морфометрические измерения листовых пластинок древесных растений с последующим расчетом показателя флуктуирующей асимметрии листовой пластинки. Видом-индикатором был выбран тополь итальянский (*Populus italic* (Du Roi) Moench) в связи с повсеместной распространенностью данного вида на территории города.

Отбор образцов производился в период завершения ростовых процессов (август 2022 года) в 21 точке (рис. 3) на территории всего города с учетом функциональных зон (промышленной, транспортной, жилой, рекреационной). Отбор и анализ образцов был осуществлен в соответствии с установленными методиками и рекомендациями [12; 13]. Отбор образцов производился в каждой точке случайным образом с нескольких деревьев на высоте 1,5-2 м с разных сторон света с последующей гербаризацией.

Расчет индекса флуктуирующей асимметрии осуществлялся по формуле (3):

$$I_{FA} = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{(L_{ij} - R_{ij})}{(L_{ij} + R_{ij})} \quad (3),$$

где m – количество измеряемых параметров; n – количество обработанных листьев; L – измерение j -параметра с левой стороны i -листа; R – измерение j -параметра с правой стороны i -листа;

Интегральная оценка состояния городской среды. Для общего анализа состояния городской среды в городе Липецке

нами была проведена интегральная оценка с учетом показателей всех исследуемых природных компонентов. При осуществлении оценки был использован формально-территориальный подход, суть которого заключалась в следующем. На всю территорию города Липецка была наложена регулярная сетка, разделяющая город на равные условные локации (ячейки) площадью 2 км². В узлах пересечения сетки были определены 77 точек, которые использовались при расчете интегрального показателя (рис. 4).

Следующим шагом являлось наложение полученной сетки на тематические карты всех показателей, определяющих состояние окружающей среды, и считывание информации с тематических карт.

Так как концентрации сероводорода в ходе натурных измерений не определялись, для этого поллютанта были использованы данные с ближайших к каждой точке постов наблюдения за атмосферой (ПНЗ) государственной мониторинговой сети Липецкого ЦГМС.

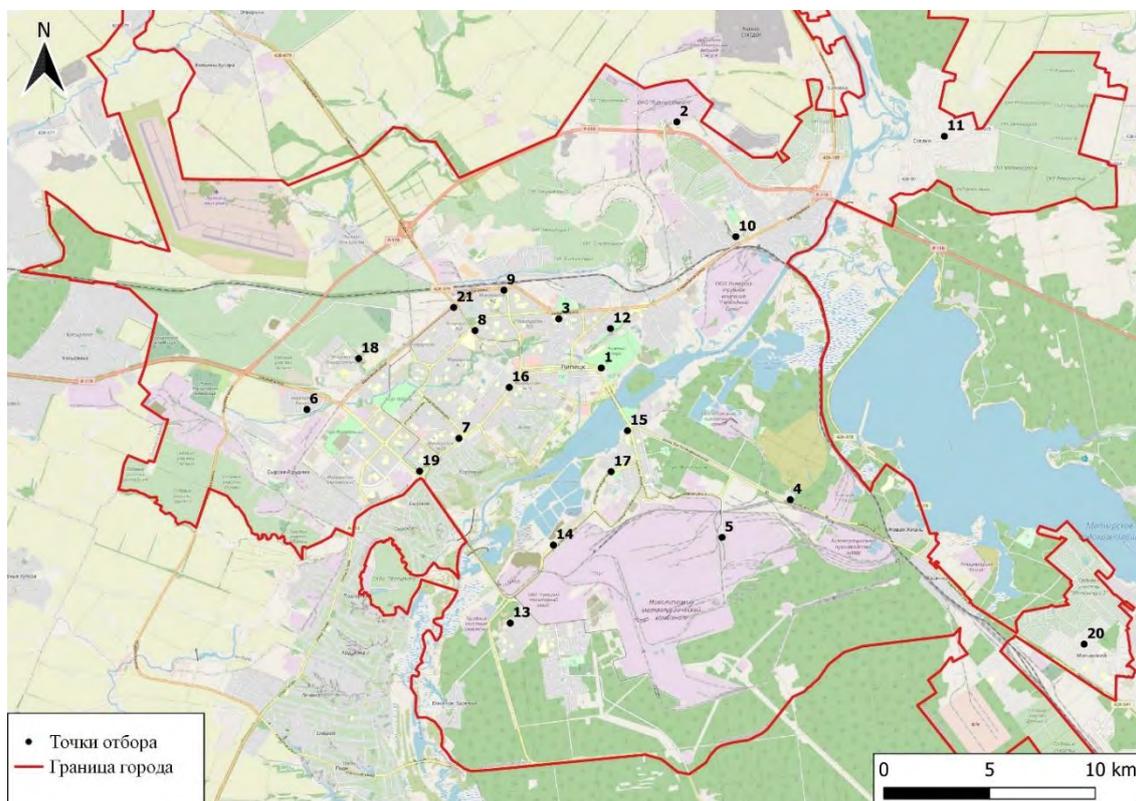


Рис. 3. Расположение точек отбора листьев для определения флуктуирующей асимметрии
Fig. 3. Location of leaf sampling points for determining fluctuating asymmetry

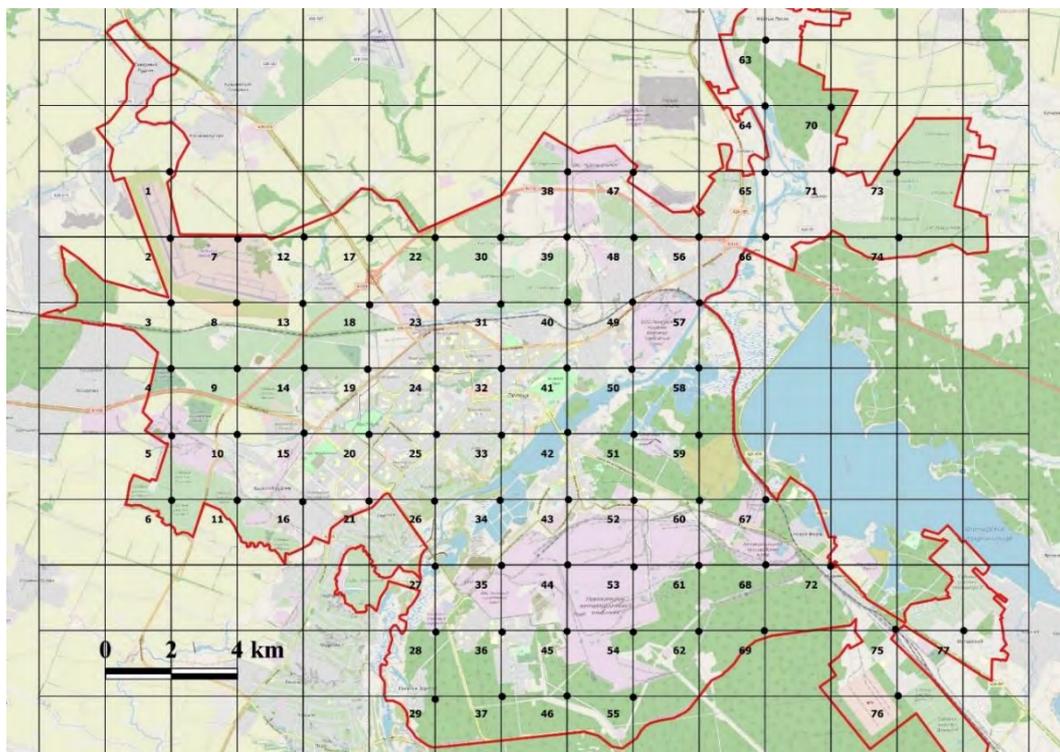


Рис. 4. Определение точек для расчета интегрального показателя загрязнения окружающей среды

Fig. 4. Determination of points for calculating the integral indicator of environmental pollution

Таблица 1. Оценочная шкала уровня интегрального показателя состояния городской среды

Table 1. Evaluation scale of the integral indicator level of urban environment state

Уровень загрязнения Pollution level	Значение интегрального показателя (И _{ос}) Integral indicator value	Балл Point
Низкий	менее 2	I
Пониженный	от 2,1 до 3	II
Средний	от 3,1 до 4	III
Повышенный	от 4,1 до 5	IV
Высокий	более 5	V

Интегральный индекс экологического состояния окружающей среды (И_{ос}) был определен как сумма отношений полученных результатов к установленным ПДК или фоновым значениям (кратность превышения) исследуемых показателей среды. Для расчета интегрального показателя состояния окружающей среды нами была предложена следующая оригинальная формула (4) для каждой точки:

$$I_{oc} = \left(\frac{C_{ав1}}{N_1 * ПДК_{ав1}} + \dots + \frac{C_{авn}}{N_n * ПДК_{авn}} \right) + \left(\frac{C_{тм1}}{ПДК_{тм1}} + \dots + \frac{C_{тмп}}{ПДК_{тмп}} \right) + \left(\frac{I_{фа}}{I_{фа \text{ фон}}} \right) \quad (4),$$

где $C_{ав}$ – концентрация поллютантов в атмосферном воздухе; $ПДК_{ав}$ – предельно допустимые концентрации вещества в атмосферном воздухе; N – коэффициент, величина которого зависит от класса опас-

ности вещества и равна: для I класса – 1, для II класса – 1,5, для III класса – 2, для IV класса – 4; $C_{тм}$ – концентрации тяжелых металлов в почве; $ПДК_{тм}$ – предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в почве; $I_{фа}$ – индекс флуктуирующей асимметрии; $I_{фа \text{ фон}}$ – фоновое значение флуктуирующей асимметрии.

В итоге была разработана оценочная шкала экологического состояния городской среды (табл. 1).

Весь картографический материал был создан в среде QGIS 3.10. Интерполяция осуществлялась с помощью интерполирования значений концентраций на территории методом IDW (метод «обратных взвешиваний», расчет по средним расстояниям между соседними точками).

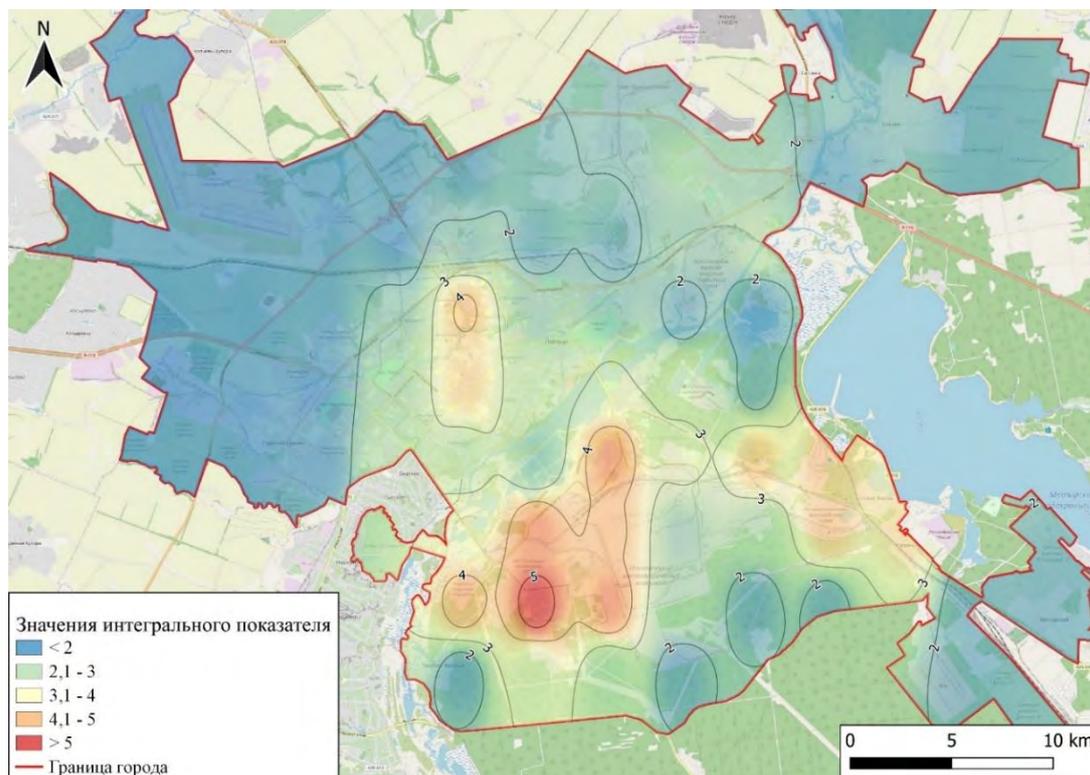


Рис. 5. Результаты интегральной оценки окружающей среды города Липецка

Fig. 5. Results of the integrated environmental assessment of Lipetsk city

Результаты и их обсуждение

Значения интегрального показателя состояния окружающей среды варьируют на территории Липецка в значениях от 1,4 до 5,4 (рис. 5). Наибольшие значения, отражающие высокий и повышенный уровень загрязнения городских территорий, приурочены к южным частям левобережного промышленного района города (значения более 5 – Тракторный район), где сконцентрированы основные производственные мощности (коксохимическое, доменное и сталелитейное производства «НЛМК»). Также одним из важнейших факторов, влияющих на высокое загрязнение в этом районе, является эмиссия сероводорода, основные источники которого также расположены в этой городской локации (шлакопереработка «НЛМК» и городская станция аэрации). Непосредственное прилегание к основным промышленным площадкам и наложение нескольких источников загрязнения оказывает прямое воздействие

на эти территории, что отражается в комплексной интегральной оценке и подтверждается данными о загрязнении атмосферного воздуха и биоиндикационных реакций растительных организмов на данной территории.

Также повышенные значения интегрального показателя (от 4,1 до 5) получены для восточной части левобережного района, где присутствует влияние основной площадки города (в первую очередь агломерационное производство «НЛМК») и крупного объекта энергетики (Липецкая ТЭЦ-2). Необходимо отметить, что содержание, по крайней мере, исследуемых тяжелых металлов в почве не превышает установленных предельно допустимых уровней на всей территории города. Однако значения в 2-4-х километровой зоне вокруг металлургического комбината, хоть и незначительно, но превышают общий городской фон [14].

Таблица 2. Корреляционная связь между интегральным показателем и исследуемыми компонентами

Table 2. Correlation between the integral indicator and the studied components

Показатель	CO	NO ₂	SO ₂	Фенол	Формид	H ₂ S	Zn	PI	флуктуирующая асимметрия
Интегральный показатель	0,82	0,78	0,55	0,63	0,71	0,86	0,47	0,5	0,78

Заметно увеличение значений интегрального показателя в центральных районах правобережной части города, где сконцентрированы крупные участки дорожно-уличной сети, что объясняется воздействием в первую очередь городского транспорта. Показатель интегрального индекса в 4,1-5 характерен для территории, где отмечается наиболее высокий дорожный трафик. К таким участкам относятся: перекресток улиц Гагарина и Циолковского («Кольцо трубного завода»), перекресток улиц Циолковского и Космонавтов, перекресток улиц Терешковой, Советской и проспекта Победы (площадь Победы, район «Центрального рынка»), улица Пашина, участок улицы Московская до перекрестка с улицей Вермишева.

Наименьшие значения интегрального показателя (от низкого до пониженного уровня загрязнения) характерны для районов города, удаленных от основных стационарных источников загрязнения и загруженных участков дорожной сети – западные, северные и северо-восточные районы города.

Для определения компонентов, вносящих наибольший вклад в значения интегрального показателя, нами был произведен расчет коэффициента корреляции между результатами интегральной оценки и всеми исследуемыми компонентами (табл. 2).

Значения коэффициентов корреляции показывают, что наиболее значимыми при характеристике общего загрязнения городского среды Липецка являются сероводород (H_2S) и оксид углерода (CO), также весомую роль играют диоксид азота (NO_2) и показатель флуктуирующей асимметрии, характеризующий ответные реакции

древесной растительности на загрязнение среды. Загрязнение почвенного покрова имеет меньшее значение, по сравнению с остальными показателями загрязнения. В целом в городе Липецке наблюдаются сфокусированный характер формирования зон экологического риска, приуроченный к территории расположения НЛМК, и мелкоочаговые пятна в районах концентрации внутригородской автотранспортной инфраструктуры правобережного сектора города.

Заключение

Таким образом, основными районами с повышенным и высоким уровнем загрязнения окружающей среды на территории города Липецка являются южные и восточные части левобережного промышленного района, прилегающие к главным промышленным источникам загрязнения, а также районы примыкания к наиболее крупным участкам дорожно-уличной сети правобережной части города. Полученные данные позволяют заключить, что левобережная промышленная часть города находится под прямым воздействием «НЛМК», а правобережные районы сосредоточения основных жилых и административных массивов подвергаются в первую очередь влиянию автотранспорта в наиболее загруженных участках центральных районов. Проведенное исследование также позволило апробировать предложенный авторский метод расчета интегрального геоэкологического показателя состояния городской среды, который показал вполне приемлемую адекватность и надежность его применения для геоэкологической диагностики состояния среды обитания крупного центра металлургической промышленности.

Список источников

1. Ивашкина И. В., Кочуров Б. И. Урбозеодиагностика и сбалансированное развитие Москвы. М.: ИНФРА-М, 2017. 203 с.
2. Кебалова Л. А. Экологическая оценка состояния атмосферного воздуха города Владикавказ // Географический вестник. 2017. № 3 (42). С. 71-77. EDN: ZOWUPN. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-3-71-77.
3. Клевцова М. А., Фан Тхи Лан Ань. Биоиндикация экологического состояния урбанизированных территорий // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2016. № 3. С. 79-86. EDN: WNCQKL
4. Куролап С. А., Клепиков О. В., Виноградов

References

1. Ivashkina IV, Kochurov BI. Urban ecodiagnos-tics and balanced development of Moscow. Mos-cow: INFRA-M, 2017:203.
2. Kegalova LA. Ecological assessment of at-mospheric air in Vladikavkaz. *Geographic Bulletin*. 2017(3(42):71-77. (In Russ). EDN: ZOWUPN. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-3-71-77.
3. Klevtsova MA, Phan Thi Lan An. Bioindication of the ecological state of urbanized territories. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Ge-ography. Geoecology*. 2016(3):79-86. EDN: WNCQKL.
4. Kurolap SA, Klepikov OV, Vinogradov PM, Prigozhina TI, et al. Integral environmental assess-

П. М., Пригожина Т. И., Клевцова М. А., Яблонских Л. А., Акимов Л. М., Середа Л. О., Маслова М. О. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды. Воронеж: Цифровая полиграфия, 2015. 235 с.

5. Середа Л. О., Куролап С. А., Яблонских Л. А. Эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения почвенного покрова промышленных городов. Воронеж: Научная книга, 2018. 200 с.

6. Cohen AJ, Anderson HR, Ostro B, Pandey KD, et al. Urban air pollution. *Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors*. Geneva: World Health Organization, 2004:1353-1433.

7. Mayer H. Air pollution in cities. *Atmospheric Environment*. 1999;33(24-25):4029-4037. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00144-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00144-2)

8. Liang L, Gong P. Urban and air pollution: a multi-cities study of long-term effects of urban landscape patterns on air quality trends. *Scientific Reports*. 2020(10):18618. DOI: 10.1038/s41598-020-74524-9

9. Состояние и охрана окружающей среды в 2021 году: доклад. Липецк: Принт, 2022. 127 с.

10. Руководство по контролю загрязнения атмосферы (РД 52.04.186-89): дата введения 1991-07-01. Москва: Госкомгидромет СССР, 1991. 694 с.

11. Количественный химический анализ проб почв, тепличных грунтов, илов, донных отложений, сапропелей, твердых отходов. Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца, меди, марганца, мышьяка, ртути методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА (ПНД Ф 16:2:2:2:3.48-06). Томск, 2006. 44 с.

12. Захаров В. М. Баранов А. С., Борисов В. И., Валецкий А. В., Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Чубинишвили А. Т. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России. 2000. 66 с.

13. Об утверждении Методических рекомендаций по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ: Распоряжение Минприроды России № 460-р от 16.10.2003. URL: <http://teacher.msu.ru/sites/default/files/resursy/9-methods-licenz.pdf> (дата обращения: 05.04.2023).

14. Седых В. А. Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове города Липецка // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 4. С. 126-130. EDN: RPOOFK. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2022/4/126-130

ment of the urban environment state. *Voronezh: Tsifrovaya poligrafiya*, 2015:235. (In Russ)

5. Sereda LO, Kurolap SA, Yablonskikh LA. Ecological and geochemical assessment of the soil cover technogenic pollution in industrial cities. *Voronezh: Tsifrovaya poligrafiya*, 2018:200. (In Russ)

6. Cohen AJ, Anderson HR, Ostro B, Pandey KD, et al. Urban air pollution. *Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors*. Geneva: World Health Organization, 2004:1353-1433.

7. Mayer H. Air pollution in cities. *Atmospheric Environment*. 1999;33(24-25):4029-4037. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00144-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00144-2)

8. Liang L, Gong P. Urban and air pollution: a multi-cities study of long-term effects of urban landscape patterns on air quality trends. *Scientific Reports*. 2020(10):18618. DOI: 10.1038/s41598-020-74524-9

9. State and protection of the environment in 2021: report. Липецк: Принт, 2022:127. (In Russ)

10. Guidelines for the control of air pollution (RD 52.04.186-89): introduction date 1991-07-01. Moscow: USSR Goskomhydromet, 1991:694. (In Russ)

11. Quantitative chemical analysis of soil samples, greenhouse soils, silts, bottom sediments, sapropels, solid wastes. Method for measurements of mass concentrations of zinc, cadmium, lead, copper, manganese, arsenic, mercury by stripping voltammetry on analyzers of the TA type (PND F 16:2:2:2:3.48-06). Tomsk, 2006:44. (In Russ)

12. Zakharov VM, Baranov AS, Borisov VI, Valetsky AV, et al. Environmental health: assessment methodology. Moscow: Tsentr ekologicheskoy politiki Rossii. 2000:66. (In Russ)

13. On approval of the guidelines for the assessment of the environment quality based on the condition of living beings: Decree of the Ministry of Natural Resources of Russia No. 460-p dated 10.16.2003. URL: <http://teacher.msu.ru/sites/default/files/resursy/9-methods-licenz.pdf> (accessed 04.05.2023). (In Russ)

14. Sedykh VA. The content of heavy metals in the soil cover of Lipetsk city. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2022(4):126-130. EDN: RPOOFK. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2022/4/126-130. (In Russ)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Седых Владислав Александрович, аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, vladseykh48@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4071-2638>.

Куrolап Семен Александрович, доктор географических наук, профессор, декан факультета географии, геоэкологии и туризма, заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, skurolap@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6169-8014>.

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>.

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, geocolog@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1928-7059>.

Закусиллов Вадим Павлович, кандидат географических наук, доцент кафедры гидрометеорологического обеспечения, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия, zakusilov04@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4615-6636>.

Критерии авторства

Седых В. А. – проведение натурных измерений и сбор образцов, анализ и статистическая обработка результатов, подготовка картографического материала; Куrolап С. А. – постановка задач и разработка этапов исследования, окончательное утверждение варианта статьи; Мазуров Г. И., Козлов А. Т., Закусиллов В. П. – общий анализ материала, подготовка и редактирование статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 12.05.2023
Одобрена после рецензирования 17.05.2023
Принята к публикации 28.05.2023

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Vladislav A. Sedykh, Ph.D. student, Department of Geocology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia, vladseykh48@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4071-2638>.

Semen A. Kurolap, Doctor of Science (Geography), Professor, Dean of the Faculty of Geography, Geocology and Tourism, Head of the Department of Geocology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia, skurolap@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6169-8014>.

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

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

Vadim P. Zakusilov, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Hydrometeorological Support, Military Educational and Scientific Center of the Air Force “N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Air Force Academy”, Voronezh, Russia, zakusilov04@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4615-6636>.

Contribution of the authors

Sedykh V. A. – field measurements and collecting samples, analyzing and statistically processing the results, preparing cartographic material; Kurolap S. A. – setting tasks and development of research stages, final approval of the paper; Mazurov G. I., Kozlov A. T., Zakusilov V. P. – general analysis of the material, preparation and editing of the paper.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 12.05.2023
Approved after reviewing 17.05.2023
Accepted for publication 28.05.2023

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 911.6:332.145
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-94-109
EDN: TEJHHA

Деловая активность в субъектах Приволжского федерального округа

© 2023 Семина И. А.¹, Фоломейкина Л. Н.¹, Яковенко Н. В.^{✉ 2}

Национальный исследовательский

¹ Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва
Саранск, Россия, isemina@mail.ru; folomejkina@mail.ru

² Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова
Воронеж, Россия, n.v.yakovenko71@gmail.com[✉]

РЕЗЮМЕ. Цель. Провести количественный анализ основных компонентов деловой активности и выделить типы регионов по уровню ее развития в Приволжском федеральном округе (ПФО). **Методы.** Сбор, систематизация и анализ исходных данных, анализ и синтез, обобщение, сравнительно-географический, картографический. **Результаты.** Проведен комплексный анализ деловой активности в субъектах ПФО. Выделены 3 типа регионов: с высокой, средней и низкой деловой активностью. **Вывод.** Синергетическое взаимодействие между компонентами деловой активности играет важную роль в формировании общего уровня активности в регионе. Оно позволяет увеличить мощность импульсов отдельных видов активности и сделать их более эффективными путем совместной работы и взаимодействия.

Ключевые слова: деловая активность, субъект, Приволжский федеральный округ, социально-экономическое развитие, синергетический эффект.

Формат цитирования: Семина И. А., Фоломейкина Л. Н., Яковенко Н. В. Деловая активность в субъектах Приволжского федерального округа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 2. С. 94-109. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-94-109. EDN: TEJHHA

Business Activity in the Regions of Volga Federal District

© 2023 Irina A. Semina¹, Larisa N. Folomeykina¹, Nataliya V. Yakovenko^{✉ 2}

¹ National Research Ogarev Mordovia State University
Saransk, Russia, isemina@mail.ru; folomejkina@mail.ru

² Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov
Voronezh, Russia, n.v.yakovenko71@gmail.com

ABSTRACT. Aim. To conduct a quantitative analysis of business activity main components and to identify the types of regions by the level of its development in Volga Federal District. **Methods.** Collection, systematization and analysis of source data, analysis and synthesis, generalization, comparative geographical, cartographic. **Results.** The comprehensive analysis of business activity in the regions of Volga Federal District has been carried out. There are 3 types of regions: with high, medium and low business activity. **Conclusion.** Synergistic interaction between the business activity components plays an important role in shaping the overall level of activity in the region. It makes it possible to increase the pulse power of individual activities and make them more efficient by working together and collaborating.

Keywords: business activity, region, Volga Federal District, socio-economic development, synergetic effect.

For citation: Semina IA., Folomeykina LN., Yakovenko NV. Business Activity in the Regions of Volga Federal District. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2023;14(2):94-109 (In Russ). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-14-2-94-109. EDN: TEJHHA

Введение

Термин «деловая активность» имеет широкое применение для изучения многих экономических явлений. Конкурентоспособность и деловая активность являются важными факторами для выживания и развития субъектов хозяйствования в современной экономике. Успешное развитие в этих областях требует создания благоприятного бизнес-климата, поддержки инноваций и развития человеческого капитала. Деловая активность проявляется во всех сферах экономической деятельности человека и позволяет регионам реализовать потенциал роста и стратегические планы развития.

Понятие «деловая активность» рассматривается на разных уровнях и понимается учеными по-разному. На микроуровне под деловой активностью понимают свойства человека или специфику деятельности предприятия (А. Райзберг, М. А. Рябова, Л. В. Донцова, Н. А. Никифорова, В. В. Ковалев), на мезоуровне – просматривается деятельность группы предприятий (отрасль) или субъектов хозяйствования на определенной территории (британский Королевский институт закупок и CIPS), Индекс деловой активности Федерального резервного банка Филадельфии, Национальная ассоциация Домостроителей (США), на макроуровне исследователи рассматривают функционирование экономической системы в целом (Национальный институт управления поставками (ISM, США), Банк Японии, исследовательский институт IFO (Германия).

Для определения содержания понятия деловой активности в работе использован системный подход, который позволяет рассматривать экономику как крупномасштабную экономическую систему, которая, с одной стороны, состоит из подсистем экономики административных территорий, а с другой – из подсистем взаимосвязанных отраслей и межотраслевых комплексов.

По мнению большинства ученых кейнсианской школы, траектория развития экономической системы была результатом взаимодействия всей совокупности хозяйствующих субъектов, превосходящих грядущие рыночные изменения, усиленного эффектом мультипликации. Мето-

дологией оценки деловой активности на макроуровне является расчет показателей, характеризующих экономическую ситуацию в целом. Идея индикации деловой активности была разработана в 1920-1930-х гг. в США, и в настоящее время во многих странах мониторинг деловой активности проводится на регулярной основе.

В бизнес-словаре дана такая формулировка: «Деловая активность – экономическая деятельность, конкретизированная в виде производства того или иного товара или оказания конкретной формы услуг» [1].

В России термин «деловая активность» появился в 90-е гг. XX столетия, что было обусловлено формированием рыночных отношений и развитием предпринимательства. На наш взгляд, деловая активность на региональном уровне является: «агрегированным показателем, оценивающим деятельность всех экономических агентов конкретного территориального расположения. Результатом регионального развития является взаимодействие всех элементов социально-экономической системы региона, направленное на эффективную реализацию имеющегося потенциала» [1]. Таким образом, деловую активность региона можно определить как способность мобилизовать свой ресурсный потенциал в целях обеспечения устойчивого экономического развития. На основе обобщения различных подходов к оценке деловой активности региональных социально-экономических систем были выделены следующие компоненты: производственная, трудовая, инвестиционная, инновационная, финансовая и социальная активность [2].

Деловая активность в разных аспектах рассматривалась в работах ряда ученых, среди которых нужно отметить следующих: Афанасьева М. В., Давыдова Л. В., Ельшин Л. А., Прыгунова М. И., Богачкова Л. Ю., Усачева Н. Ю., Усачев А. А., Тихонович Э. А. [3-5].

На микроуровне значительное внимание деловой активности как критерию эффективности функционирования предприятия уделяют многие современные экономисты [6-9].

В процессе анализа деловой активности экономических систем уточняются прогнозы развития территории в социально-

экономическом плане. Составляющие деловой активности являются вспомогательными средствами оценки путей экономического развития [10; 11].

Различия в развитии региона провоцируются непропорциональностью природных ресурсов, демографической и геополитической ситуациями. Последствием этого стала потеря потенциала роста менее развитых регионов [10-12]. Повышение деловой активности регионов является определяющим фактором обеспечения социально-экономической безопасности страны.

Цель исследования – провести количественный анализ основных компонентов деловой активности и выделить типы регионов по уровню ее развития в Приволжском федеральном округе.

Материалы и методы исследования

Методы исследования включали сбор, систематизацию и анализ исходных данных, обобщение, сравнительно-географический, картографический. Для анализа деловой активности региона были рассмотрены следующие показатели: объем валового регионального продукта (ВРП) на душу населения, степень износа основных фондов, трудовая активность региона, общая доля безработных среди населения трудоспособного возраста, доля частных инвестиций в основной капитал и инвестиции в основной капитал на душу населения, внутренние затраты на научные исследования и разработки, объем инновационных товаров, работ и услуг, удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации в общем числе обследованных организаций, среднедушевые денежные доходы населения, а также доходы консолидированных бюджетов, объем потребления платных услуг на душу населения и количество общественных организаций по регионам, объединенные в несколько блоков: производственная, трудовая, инвестиционная, инновационная, финансовая и социальная активность. Информационной базой исследования выступили нормативно-правовые документы, законы и постановления Правительства РФ и Указы Президента РФ, а также материалы специальных экономических изданий и текущей периодики по проблемам деловой активности.

Результаты и их обсуждение

В процессе анализа деловой активности социально-экономических систем уточняются прогнозы развития территории в социально-экономическом плане. Составляющие деловой активности являются вспомогательными средствами оценки путей экономического развития. Различия в развитии региона провоцируются непропорциональностью природных ресурсов, демографической и геополитической ситуациями. Последствием этого стала потеря потенциала роста менее развитых регионов. Повышение деловой активности регионов является определяющим фактором обеспечения экономической безопасности страны. Для изучения деловой активности на уровне субъектов ПФО был использован подход, основанный на исследованиях Г. А. Штофера [13] и выделены ее компоненты: производственная, трудовая, финансовая, инвестиционная, инновационная и социальная активность (рис. 1).

Под производственной активностью региона понимаются темпы изменения объемов ВРП, которые влияют на уровень социально-экономического развития. При этом важно принимать во внимание тот факт, что величина производственной активности ограничивается как рыночными потребностями, так и, в то же время, ее способностью производить продукт.

Повышение интенсивности трудового потенциала характеризуется трудовой активностью региона. Ее показателями служат производительность труда и занятость экономически активного населения. Трудовой потенциал зависит от таких показателей, как численность, уровень квалификации, возрастная и профессиональная структура трудовых ресурсов.

Производственный комплекс территории нуждается в финансировании сторонних источников для повышения уровня своего развития. Способность привлечения финансирования можно определить как инвестиционную активность, которую характеризуют следующие показатели: «темпы роста объемов финансовых ресурсов», «интенсивность разработок и внедрение новых продуктовых и технологических инноваций в производственный комплекс региона».



Рис. 1. Структурные компоненты деловой активности региона [10]

Fig. 1. Structural components of the region's business activity [10]

Инвестиционная привлекательность региона отражает его уровень развития, что является предпосылкой (возможностью) привлечения инвестиций в экономику, социальную и экологическую сферы региона. Инвестиционная активность региона отражает интенсивность инвестиционной деятельности. Что касается инвестиционной способности региона, то исходя из самого понятия «способность» как состояния объекта и его возможности во многих реальных процессах и явлениях, по нашему мнению, ее стоит рассматривать как способность региона привлекать, эффективно формировать и использовать как внутренние, так и внешние инвестиционные ресурсы для обеспечения сбалансированного социального, экологического и экономического развития как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. В отличие от инвестиционной активности и инвестиционного потенциала, инвестиционная привлекательность региона характеризуется уровнем концентрации инвестиций, эффективностью их формирования из различных источников и использования. С этих позиций, считаем, что инвестиционная способность региона характеризуется следующими тремя ас-

пектами: 1) инвестиционной обеспеченностью; 2) инвестиционной результативностью; 3) инвестиционной самостоятельностью.

Инвестиционная активность региона находится в прямой зависимости от финансовой активности. Дефицит внутренних инвестиционных ресурсов, а также ограниченность внешних таких ресурсов тормозят развитие региональных субъектов хозяйствования, что негативно влияет на развитие региона. Закономерно, что скорость научно-технического прогресса и экономического развития в каждом конкретном регионе и на уровне национальной экономики в целом прямо зависят от уровня инновационной активности. Для достижения такого уровня инновационности необходимо обеспечить привлечение достаточного объема инвестиционных средств.

Инвестиционные средства являются основным источником финансирования научно-исследовательских работ, разработки новых технологий и внедрения инноваций в экономику. Без них невозможно обеспечить необходимую инфраструктуру, обучение квалифицированных специалистов и проведение исследований,

которые способствуют созданию новых продуктов, улучшению производственных процессов и повышению конкурентоспособности экономики.

Привлечение инвестиционных средств требует создания благоприятного инвестиционного климата, снижения рисков, а также разработки эффективных механизмов поддержки инноваций. Государство, в рамках своей экономической политики, может предоставлять налоговые льготы, субсидии и гранты для инвестиционных проектов, развития научных исследований и инноваций. Однако необходимо также отметить, что инвестиционные средства должны быть направлены на реальные инновационные проекты, иметь эффективные механизмы контроля и оценки их использования. Только в этом случае инвестиции будут способствовать реальному модернизационному изменению экономики, ее росту и улучшению жизненного уровня населения.

Таким образом, гарантированное привлечение инвестиционных средств является ключевым фактором для содействия инновационному развитию экономики региона и страны в целом. Вложения в научные исследования и инновационные проекты необходимы для успешной модернизации экономики и повышения ее конкурентоспособности на мировом рынке.

Наряду с тем, без инноваций инвестиции могут оказаться неэффективными и мало или совсем нерезультативными, обеспечивая функционирование неконкурентоспособных производств, увеличивая производство неконкурентной продукции и т.п. Оценка процедур эффективного привлечения имеющихся инвестиционных ресурсов и их инновационное направление генерирует синергетический эффект. Среди главных эффектов оценки инвестиционной способности обеспечения развития региона стоит выделить: формирование новых рынков, новых видов экономической деятельности, новых производств, новой инфраструктуры, новых микро-, мезо- и макробизнес-моделей; мобилизация внутренних и внешних инвестиционных ресурсов в экономику региона; расширение сотрудничества и синергия инвестиционных ресурсов институтов гражданского общества, местной власти и представителей бизнеса; формирование нового и позитивного имиджа

региона как инновационно и инвестиционно-привлекательного; интенсификация и повышение эффективности воспроизводственных процессов в регионе; диверсификация промышленности, ее производственная ориентация, а не сырьевая; сохранение и улучшение состояния окружающей среды, повышение экологичности производства продукции в регионе и снижение природоёмкости; улучшение уровня жизни населения региона, а также конвергенция уровня жизни населения сельских территорий до уровня жизни жителей городов региона; динамичность развития региона и модернизация его экономики по всем сферам производства и видам экономической деятельности и т.п. [12]. В условиях углубления децентрализационных процессов, инвестиционно-инновационное обеспечение развития регионов приобретает определенные особенности, поэтому следует исследовать влияние децентрализации на данный процесс [13].

Важное место в региональной системе принадлежит населению. Это объясняется тем, что население региона участвует в воспроизводственной деятельности, обеспечивая производство материальных благ, создаёт средства экономического (в том числе научно-технического) развития, а также является источником целей (коллективных и индивидуальных).

Для достижения точной и полной оценки деловой активности необходимо выделить показатель социальной активности, который будет отражать основные социальные аспекты, связанные с населением. Этот показатель будет учитывать отношения по воспроизводству и жизнедеятельности населения, а также уровень и качество его жизни, уровень благосостояния и потребления.

Анализ социальной активности позволит более глубоко понять взаимосвязь между деловой активностью и социальными процессами. Например, увеличение уровня благосостояния и потребления населения может быть показателем развития экономики и роста деловой активности. В то же время, падение уровня и качества жизни населения может стать причиной снижения деловой активности и экономического спада.

Показатель социальной активности может быть рассчитан на основе различ-

ных данных, включая данные о зарплате, безработице, уровне образования, доступности социальных услуг, уровне медицинского обслуживания и других социально-экономических показателях.

Также на формирование деловой активности региона влияет множество факторов, определяющих уровень её развития. Все факторы рассмотрены нами по двум группам: оказывающие позитивное и негативное влияние (рис. 2).

Рассмотренные компоненты в своем взаимодействии усиливают свойства друг друга (имеет место эмерджентность между

ними). В зависимости от силы влияния определённых видов активности и от характера их эмерджентности определяется общий уровень деловой активности каждого региона.

Для анализа производственной активности региона были рассмотрены следующие показатели: объем валового регионального продукта (ВРП) на душу населения и степень износа основных фондов.

Рассмотрим первую компоненту деловой активности – производственную активность, и один из показателей ее оценки – ВРП на душу населения.

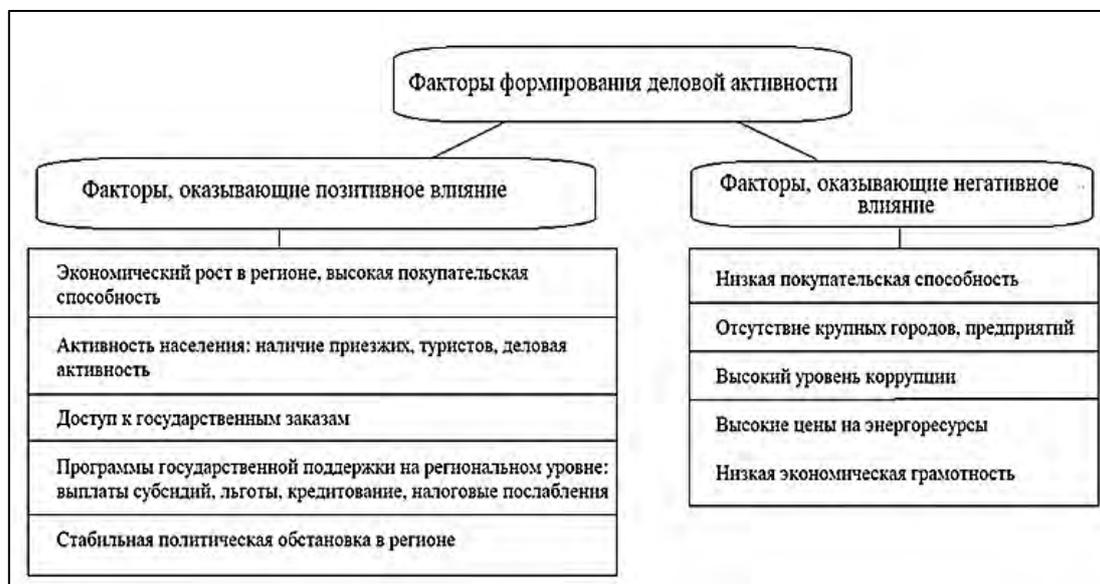


Рис. 2. Факторы формирования деловой активности
 Fig. 2. Factors of the business activity formation



Рис. 3. Структура ВРП Приволжского федерального округа, 2022 г.
 Fig. 3. GRP structure in Volga Federal District in 2022

Рассматривая структуру ВРП в регионах ПФО следует отметить, что более всего приходится на обрабатывающие производства (29,8 %), где в структуре отгруженной продукции преобладали следующие отрасли: производство нефтепродуктов (21,3 %), машиностроение (19,5 %), химическая промышленность (15,3 %) и производство пищевых продуктов (14,3 %) (рис. 3).

Среди регионов Приволжского федерального округа на первое место по данному показателю вышла Республика Татарстан. Это объясняется тем, что в регионе высокая доля добычи полезных ископаемых, а также выпуска обрабатывающих производств и продукции сельскохозяйственной отрасли. На второе место вышел Пермский край и немного от него отстает Оренбургская область. Республики Мордовия, Чувашия и Марий Эл, а также Кировская и Саратовская области занимают отстающие позиции по доле ВРП в федеральном округе. В данных регионах низкие показатели объема отгруженных товаров собственного производства.

Во всех регионах Приволжского федерального округа наблюдается высокая изношенность основных фондов и незначительный уровень их обновления. Во многих из них уровень развития основных фондов имеет нестабильный характер. Средний показатель по округу составляет 59,3 %. Самые высокие показатели в 2022 г. наблюдались в Пермском крае – 56 %, Республике Марий Эл и Саратовской области (52,3 %). Самые низкие значения показателя износа основных фондов наблюдаются в Республике Татарстан (38,3 %) и Пензенской области (35,7 %).

Износ основных фондов со временем приводит к прибавлению затрат и уменьшению производительности. Для того, чтобы решить проблему высоких уровней издержек и низкой производительности, регионам необходимо привлекать инвесторов и повышать инвестиционную деятельность в округе. А для этого нужно заинтересовать инвестора, склонного к минимизации рисков и увеличению прибыли.

Трудовая активность региона может быть измерена следующими показателями: численность трудоспособного населения, численность зарегистрированных безработных, средняя продолжительность безработицы, средняя оплата труда, доходы населения, но показатель доли безработных в численности трудоспособного

населения и уровень занятости населения позволяют в целом отразить уровень занятости и трудовую активность. Лидирующими регионами по уровню занятости населения являются регионы, где широко представлены машиностроение, нефтедобывающая и перерабатывающая промышленность: Республика Татарстан, Нижегородская и Самарская области, где сконцентрировано около 70 % производственной мощности всех субъектов ПФО. Тогда как в Саратовской, Пензенской, Ульяновской областях, а также Республиках Башкортостан и Марий Эл наблюдаются наиболее низкие значения данного показателя.

Доля безработного населения трудоспособного возраста в Приволжском федеральном округе в 2022 г. составила 3,3 %. Самый высокий уровень безработицы по регионам Приволжского федерального округа отмечается в Ульяновской области (4,2 %), что на 0,9 % выше среднего показателя по округу. Второе место занимает Нижегородская область (4,1 %).

Самая низкая доля безработицы наблюдается в Республике Татарстан (2,3 %), далее идут Самарская область. Основными причинами безработицы в округе являются отсутствие высокооплачиваемых рабочих мест. Для регионов с высоким показателем безработицы характерен как правило миграционный отток трудоспособного населения, «отходничество» в поисках работы в другие более благополучные регионы. Сюда же относится и Республика Мордовия (рис. 4).

Деловая активность во многом зависит от инвестиционной активности, так как именно приток инвестиций позволяет обеспечить динамичное развитие всех отраслей хозяйства.

Для изучения инвестиционной активности в регионах ПФО были рассмотрены следующие показатели: доля частных инвестиций в основной капитал и инвестиции в основной капитал на душу населения.

Если рассматривать инвестиции в основной капитал по государственной и частной формам собственности, то можно увидеть, что они сильно различаются. Так, в частных инвестициях наблюдается рост, что означает увеличение доли частной собственности в регионах Приволжского федерального округа, а в государственной, напротив, снижение.

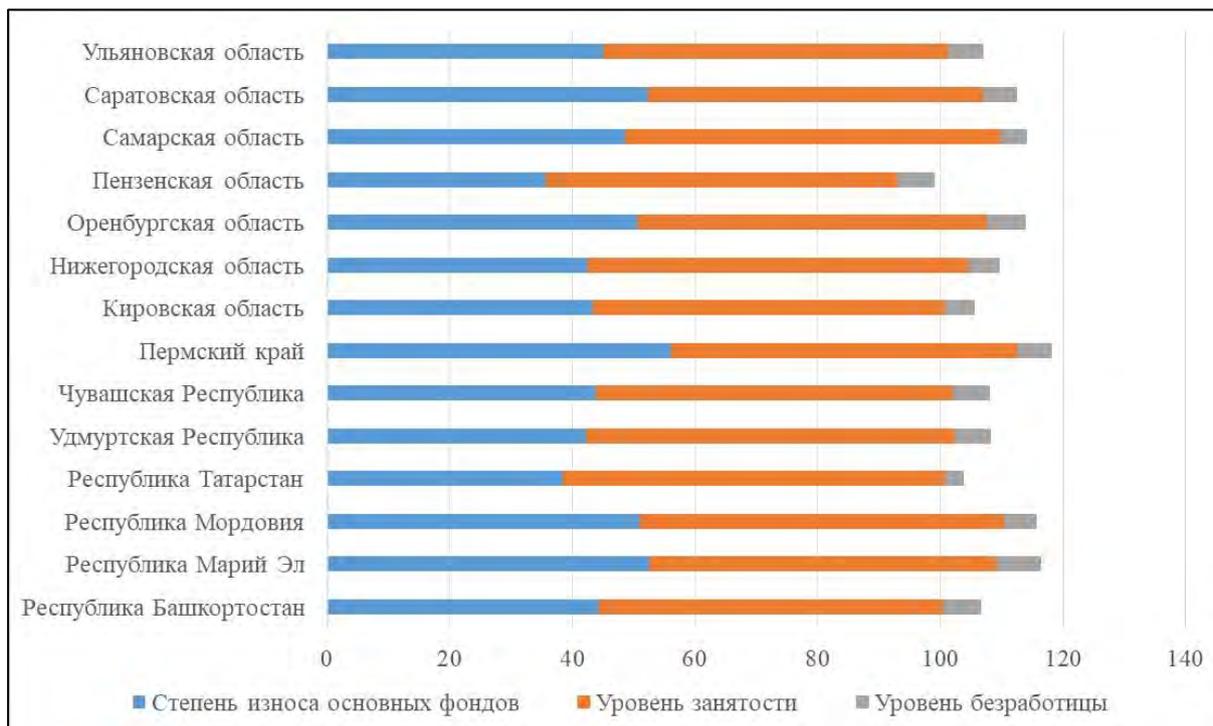


Рис. 4. Показатели производственной и трудовой активности по субъектам Приволжского федерального округа, 2022 г.

Fig. 4. Indicators of industrial and labour activity in the regions of Volga Federal District in 2022

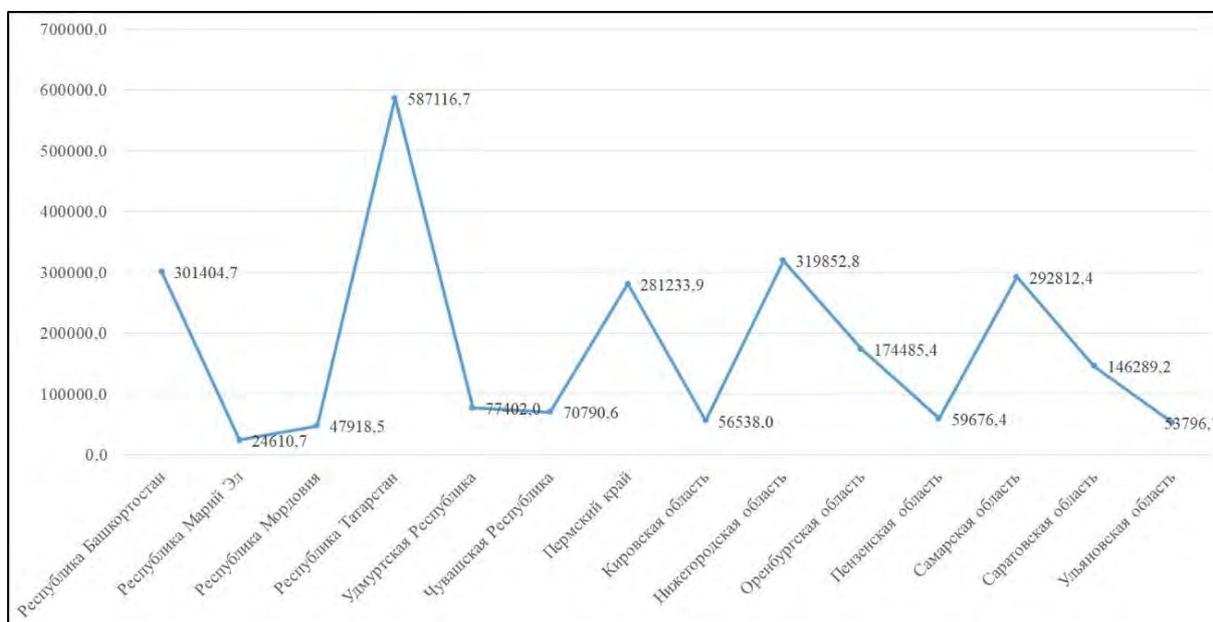


Рис. 5. Инвестиции в основной капитал, млн руб., 2022 г.

Fig. 5. Investments in fixed assets, in 2022, million rubles

При этом рост инвестиций в основной капитал нефтегазоносных районов Приволжского федерального округа по частной форме собственности значительно превышает аналогичный показатель в целом по ПФО. Это объясняется ростом инновационной активности крупных частных

нефтяных компаний, таких как «Лукойл» в Пермском крае, нефтеперерабатывающего завода «Орскнефтеоргсинтез» в Оренбургской области, ОАО «Белкамнефть» в Удмуртской Республике и ряда других. Важно учитывать и инвестиции в основной капитал – это совокупность затрат, направлен-

ных на строительство, реконструкцию (включая расширение и модернизацию) объектов, которые приводят к увеличению их первоначальной стоимости.

Инвестиционный потенциал в данном федеральном округе высок в таких регионах, как Республика Татарстан, Нижегородской и Оренбургской областях и Пермском крае. На их долю приходится около 50 % всех инвестиций ПФО, которые сосредоточены в следующих сферах: добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, строительство, производство и распределение электроэнергии, газа и воды (рис. 5).

Ведущей предпосылкой подобной неравномерности считается исторически образовавшиеся структуры хозяйства в данных субъектах, которые делают неравные стартовые условия для становления экономики регионов.

Также были рассмотрены следующие показатели по регионам Приволжского федерального округа для оценки деловой активности: внутренние затраты на научные исследования и разработки, объём

инновационных товаров, работ и услуг, удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации в общем числе обследованных организаций.

Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объёме отгруженных товаров, работ услуг позволяет провести оценку эффективности инновационной деятельности территории. Лидирующая позиция по внутренним затратам на научные исследования и разработки у Нижегородской области 6 %. Этот показатель во много раз превышает значение как по округу, так и в среднем по Российской Федерации, так как в данном регионе сконцентрированы спектр отраслевых научно-исследовательских институтов, проектно-конструкторских и технологических организаций, научно-производственных объединений и многопрофильных высших учебных заведений. На втором месте Республика Татарстан (19,2 млн руб.). Самые низкие показатели в Саратовской области (0,3 %) и Удмуртской республике (0,6 %) (рис. 6, 7).

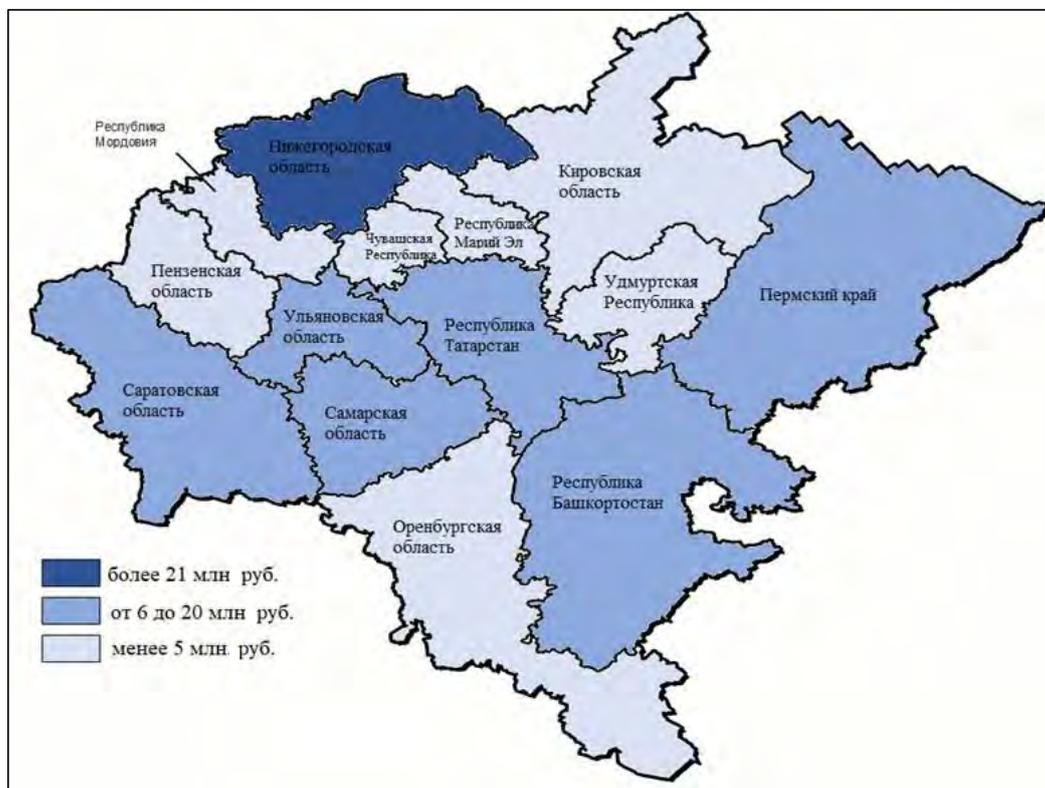


Рис. 6. Внутренние затраты на научные исследования и разработки по регионам Приволжского федерального округа в 2022 г., млн руб.

Fig. 6. Domestic R&D expenditures by regions of Volga Federal District in 2022, million rubles

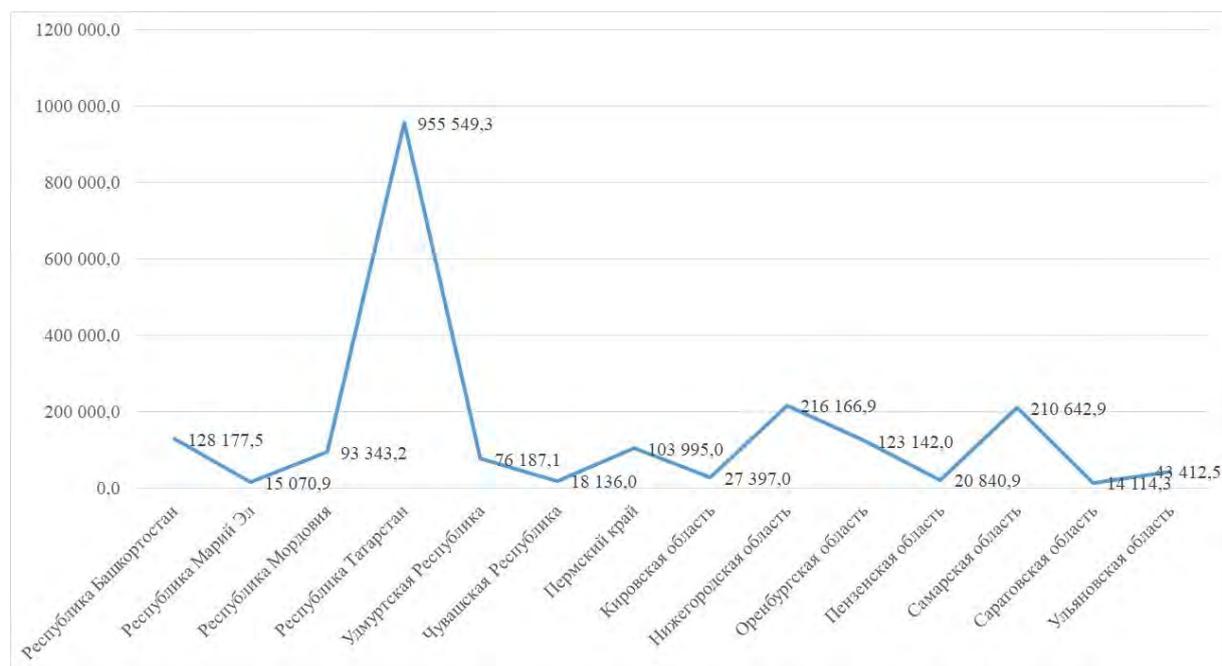


Рис. 7. Объём инновационных товаров, работ и услуг по регионам, млн руб., 2022 г.
 Fig. 7. Volume of innovative goods, works and services by regions in 2022, million rubles

Инновационные товары, работы, услуги – товары, работы, услуги новые или подвергавшиеся в течение последних трех лет разной степени технологическим изменениям. Их производство в регионе отображает высокий показатель инновационности.

Активное инновационное развитие наблюдается в следующих регионах: республиках Татарстан и Башкортостан, в Самарской и Нижегородской областях и Пермском крае. В данных субъектах Приволжского федерального округа наблюдается высокий прирост валового регионального продукта и уровень экономического развития. Регионы представленной группы отличаются высокой численностью персонала, которые заняты разработками и исследованиями. Также для данной категории характерен относительно низкий износ основных фондов и низкая доля убыточных предприятий. Высокий уровень инновационной активности в рассматриваемых регионах соответствует благоприятному инновационному климату, который в них сложился.

В 9 субъектах Приволжского федерального округа, в том числе и в Республике Мордовии, данный показатель в целом ниже, чем по России. Сюда же следует отнести следующие субъекты: Чувашская Республика, Республика Марий Эл, Удмуртская Республика, Пензенская, Киров-

ская, Ульяновская, Оренбургская и Саратовская области. В этих регионах наблюдаются низкие показатели объема инновационных товаров и услуг, а также прирост валового регионального продукта. Следует отметить, что показатель «Доля затрат на внутренние разработки и исследования» также имеет низкие показатели.

Удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации, в общем количестве обследованных организаций – основной показатель инновационной деятельности, характеризующий уровень активности организаций в осуществлении технологических инноваций, т. е. разработке и внедрении новых или усовершенствованных товаров, работ, услуг, технологических процессов или способов производства (передачи) услуг и иных видов инновационной деятельности, в течение определенного периода времени.

Лидером среди регионов Приволжского федерального округа по удельному весу организаций, которые осуществляют технологические, маркетинговые и организационные инновации, является Республика Чувашия. По доле организаций, которые осуществляют инновации в сфере технологий и экологии, лидирует Республика Татарстан. По удельному весу организаций, которые осуществляют технологические, маркетинговые и экологические инновации, лидирует Республика Мордовия,

где созданы условия для создания долгосрочных инвестиционных проектов в сфере инноваций. Данный регион инициировал объединение инновационных регионов в ассоциацию.

В остальных регионах не наблюдается достаточного удельного веса организаций, осуществляющих технологические инновации в общем числе обследованных организаций.

Для изучения финансовой активности регионов Приволжского федерального округа были рассмотрены следующие показатели: среднедушевые денежные доходы населения, а также доходы консолидированных бюджетов. Лидерами по среднедушевому денежному доходу являются следующие регионы: республики Татарстан, Башкортостан, Пермский край и Нижегородская область, более 30 тыс. руб. Самые низкие показатели у республик Мордовия, Марий Эл и Чувашия (рис. 8). Доходы населения также напрямую зависят от социально-экономического разви-

тия региона. Промышленные регионы, где сосредоточена основная часть производственных мощностей, имеют большой внутренний валовой продукт, что и объясняет разрыв в денежных доходах между промышленными и сельскохозяйственными регионами.

Следующий показатель, рассмотренный в финансовой активности, это консолидированный бюджет регионов. Консолидированный бюджет регионов является важным показателем финансовой активности, так как он отражает общую прибыльность региональной экономики. Высокие показатели консолидированного бюджета указывают на успешное развитие региона, привлекательность для инвестиций и высокий уровень благосостояния населения. По данному показателю можно выделить 4 лидера: Республика Башкортостан, Республика Татарстан, Нижегородская и Самарская области, прибыль в которых составляет свыше 200 млн руб.

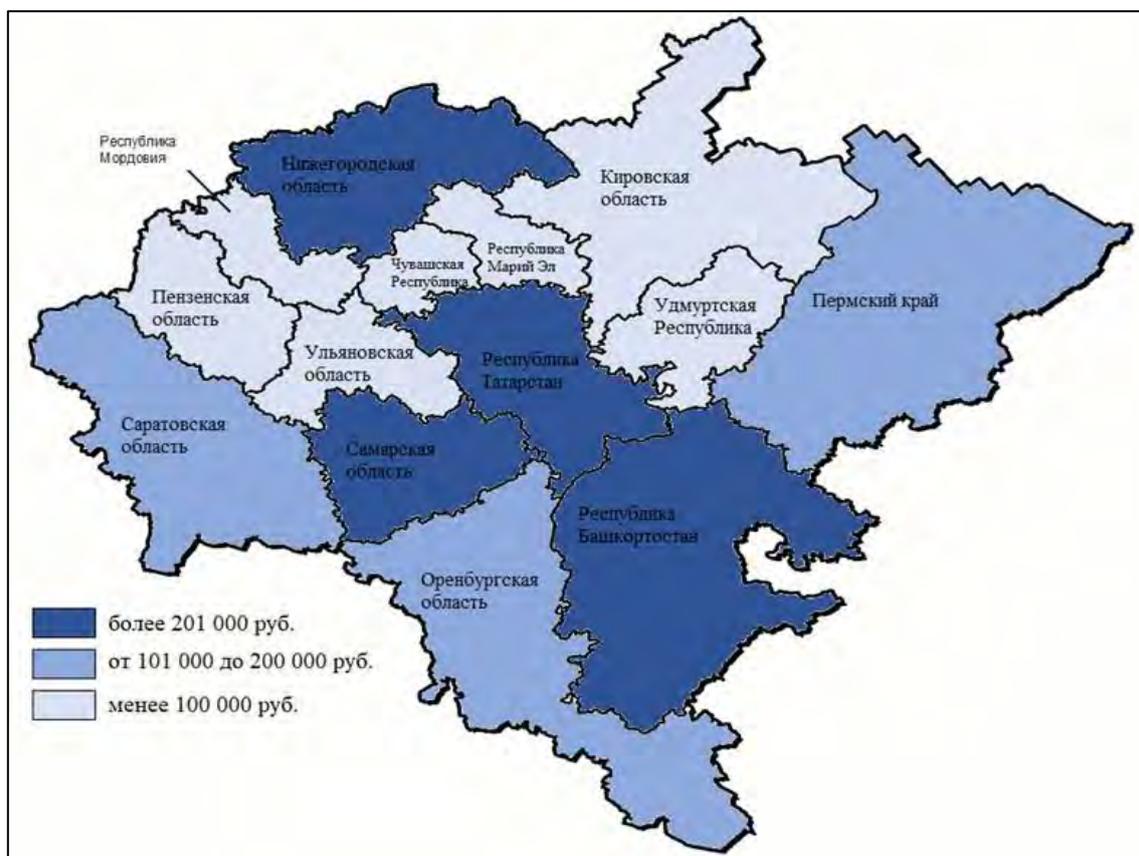


Рис. 8. Среднедушевые денежные доходы населения по регионам Приволжского федерального округа в 2022 г., тыс. руб.

Fig. 8. Average per capita cash income of the population in regions of Volga Federal District in 2022, thousand rubles

В других регионах ситуация немного хуже. Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Ульяновская область и др. не обладают серьезным промышленным потенциалом и в большей степени относятся к индустриально-аграрным.

Доходы населения, особенности региона и характер расселения населения определяют объём и структуру платных услуг. Уровень материального благосостояния населения тем выше, чем больший объем средств оно может позволить себе потратить на услуги собственного пользования после удовлетворения своих базовых потребностей (потребности в пище, одежде, обуви, основных предметах длительного пользования).

Важное место в региональной системе принадлежит населению. Это объясняется тем, что население региона участвует в воспроизводственной деятельности, обеспечивая производство материальных благ, создаёт средства экономического (в том числе научно-технического) развития, а также является источником целей, как коллективных, так и индивидуальных. Поскольку население имеет важное значение, является необходимым выделение показателя социальной активности.

По показателю «Объем потребления платных услуг на душу населения» лидерами являются республики Татарстан (67 395 руб.) и Башкортостан (55 128 руб.), Нижегородская (55 326 руб.) и Самарская (51 253 руб.) области, а также Пермский край (56 292 руб.). Аутсайдеры: республики Мордовия (32 458 руб.) и Марий Эл (33 783 руб.), так как в данных регионах маленький среднедушевой доход населения.

Количество общественных организаций подчеркивает социальную активность населения региона, желание участвовать в решении общественных проблем, улучшать собственную жизнь. При анализе взаимосвязей между показателями числа некоммерческих организаций и уровня доходов населения в исследуемом регионе, приходим к выводу о том, что уровень материального благосостояния населения региона влияет на уровень развития общественных организаций. Это значит, что чем выше уровень доходов населения в регионе, тем выше социальная активность.

Из этого следует, что уровень развития некоммерческих организаций также зави-

сит от материального благосостояния населения региона. Лидерами по данному показателю будут являться республики Татарстан (4290 ед.) и Башкортостан (4032 ед.), за ними следуют Нижегородская (2541 ед.) и Самарская (2682 ед.) области.

На следующем этапе исследования было проведено ранжирование регионов ПФО по основным показателям и составлен рейтинг регионов Приволжского федерального округа по уровню деловой активности. На основе проведенного исследования уровня деловой активности субъектов ПФО были выделены три типа регионов: с высоким, средним и низким уровнем (рис. 9.)

Первый тип – регионы с высоким уровнем деловой активности. Сюда вошли Самарская область, Республика Татарстан, Нижегородская область, Республика Башкортостан, Пермский край. Данный тип включает в себя регионы, которые являются абсолютными лидерами по следующим компонентам деловой активности: производственной, трудовой, финансовой и социальной, именно в этих регионах отмечается высокий уровень занятости населения и самая низкая доля безработных в численности трудоспособного населения. Среднедушевые денежные доходы самые высокие в округе, как и доходы консолидированных бюджетов. Также регионы лидируют по объему потребляемых платных услуг и количеству общественных организаций. По остальным компонентам деловой активности данный тип занимает среднее положение, но отстает по такому показателю, как доля частных инвестиций в основной капитал. Высокие экономические показатели вышеперечисленных регионов объясняются богатой природно-ресурсной базой и развитием отраслей промышленности, являющихся конкурентоспособными.

Второй тип – регионы со средним уровнем деловой активности: Пензенская, Оренбургская, Ульяновская, Кировская области и Удмуртская Республика. Данный тип включает регионы, которые находятся в лидерах по производственной активности. Так, Оренбургская область занимает третье место по ВРП на душу населения, а Ульяновская, Пензенская и Кировская области имеют небольшую степень износа основных фондов по сравнению с другими регионами ПФО. Также

регионы лидируют по инвестиционной активности, имея самые высокие показатели по доли частных инвестиций в основной капитал (Оренбургская и Пензенская области), а по инвестициям в основной капитал на душу населения регионы находятся на одном уровне с регионами входящих в первый тип. Трудовая активность характеризуется отставанием от первого типа регионов из-за высокой доли безработных в численности трудоспособного населения в Оренбургской области и низким уровнем занятости в Пензенской области, они занимают 13 место по округу по данным показателям. По инновационной активности регионы имеют одни из самых низких показателей по округу, что привело к еще большему отставанию от регионов первого типа.

Третий тип – регионы с низким уровнем деловой активности. К этому типу относятся Республики Мордовия, Марий Эл и Чувашия, а также Саратовская область. Эти субъекты имеют самые низкие компоненты деловой активности, кроме

компонента инновационной активности, так как Республики Мордовия и Чувашия имеют самые высокие показатели удельного веса организаций, осуществляющих технологические инновации. По остальным компонентам динамика социально-экономического развития оценена как неблагоприятная. Это объясняется тем, что регионы отличаются развитием сельскохозяйственного сектора, в них преобладают отрасли обрабатывающей промышленности – низкотехнологичные и среднетехнологичные, которые не отличаются высокой конкурентоспособностью, что приводит к растущему оттоку населения из данных регионов, который спровоцирован низким уровнем заработных плат, ниже среднего по Российской Федерации. Этот процесс присваивает регионам статус проблемных территорий, и только при активном привлечении инвестиций и повышении заработной платы можно разрешить существующие проблемы и повысить уровень деловой активности.

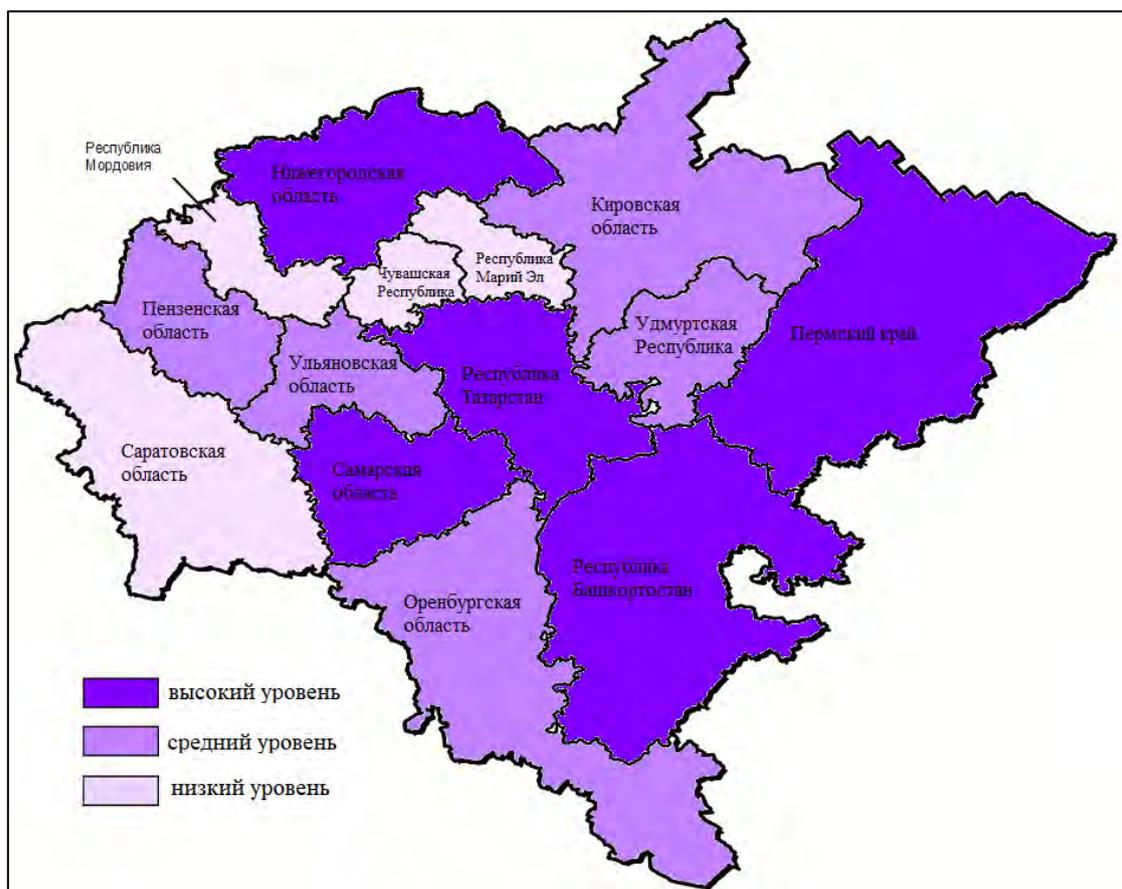


Рис. 9. Типология регионов Приволжского федерального округа по уровню деловой активности, 2022 г.

Fig. 9. Typology of Volga Federal District regions by the level of business activity, 2022

Заключение

Таким образом, в регионах Приволжского федерального округа наблюдается четкая территориальная дифференциация по отдельным компонентам деловой активности. Было проведено ранжирование субъектов по уровню деловой активности и выделены 3 типа регионов: с высокой, средней и низкой деловой активностью.

В первый тип, к которому относятся регионы с высоким уровнем деловой активности, входят: Самарская область, Республика Татарстан, Нижегородская область, Республика Башкортостан, Пермский край. Данный тип включает в себя регионы, которые являются абсолютными лидерами по следующим компонентам деловой активности: производственной, трудовой, финансовой и социальной, именно в этих регионах отмечается высокий уровень занятости населения и самая низкая доля безработных в численности трудоспособного населения. Среднедушевые денежные доходы самые высокие в округе, как и доходы консолидированных бюджетов. Также регионы лидирует по объему потребляемых платных услуг и количеству общественных организаций. По остальным компонентам деловой активности данный тип занимает среднее положение, но отстает по такому показателю, как доля частных инвестиций в основной капитал. Высокие экономические показатели вышеперечисленных регионов объясняются богатой природно-ресурсной базой и развитием отраслей промышленности, являющихся конкурентоспособными.

Во второй тип вошли регионы со средним уровнем деловой активности, а именно Пензенская, Оренбургская, Ульяновская, Кировская области и Удмуртская Республика. Данный тип включает регионы, которые находятся в лидерах по производственной активности, так, Оренбургская область занимает третье место по ВРП на душу населения, а Ульяновская, Пензенская и Кировская области имеют небольшую степень износа основных фондов по сравнению с другими регионами ПФО. Также регионы лидируют по инвестиционной активности, имея самые высокие показатели по доли частных инвестиций в основной капитал (Оренбургская и Пензенская области), а по инвестициям в основной капитал на душу населе-

ния регионы находятся на одном уровне с регионами, входящими в первый тип. Трудовая активность характеризуется отставанием от первого типа регионов из-за высокой доли безработных в численности трудоспособного населения в Оренбургской области и низкого уровня занятости в Пензенской области. По инновационной активности регионы имеют одни из самых низких показателей по округу, что привело еще к большему отставанию от регионов первого типа.

В третий тип, к которому относятся регионы с низким уровнем деловой активности, входят: Республики Мордовия, Марий Эл и Чувашия, а также Саратовская область. Регионы отстают практически по всем исследуемым компонентам деловой активности, кроме инновационной. По остальным компонентам динамика социально-экономического развития оценена как неблагоприятная. Это объясняется тем, что регионы отличаются развитием сельскохозяйственного сектора, в них преобладают отрасли обрабатывающей промышленности – низкотехнологичные и среднетехнологичные, которые не отличаются высокой конкурентоспособностью, что приводит к растущему оттоку населения из данных регионов, который спровоцирован низким уровнем заработных плат, ниже среднего по Российской Федерации. Этот процесс присваивает регионам статус проблемных территорий, и только при активном привлечении инвестиций и повышении заработной платы можно разрешить существующие проблемы и повысить уровень деловой активности.

Таким образом, деловая активность в Приволжском федеральном округе представляет собой взаимодействие всех элементов социально-экономической системы входящих в его состав субъектов с целью эффективной реализации потенциала их развития. Все компоненты деловой активности синергетически взаимодействуют. С точки зрения синергетического подхода, деловая активность может быть рассмотрена как динамичная система, в которой взаимодействуют различные виды объектов, например, предприятия, представители бизнес-сообщества, государственные и муниципальные органы, научные и образовательные учреждения и т. д. Взаимодействие между этими элементами осуществляется через обмен информаци-

ей, ресурсами, знаниями, опытом и т. д. Оно направлено на достижение общей цели – реализацию потенциала развития региона. В процессе взаимодействия создаются синергетические эффекты, которые усиливают общий результат и позволяют достигать лучших результатов, чем при индивидуальном действии каждого эле-

мента системы. Мощность импульсов отдельных компонентов активности играет важную роль в формировании интегрального уровня деловой активности. Чем более интенсивна и эффективна деятельность каждого компонента, тем выше будет уровень деловой активности в округе.

Список источников

1. Большой экономический словарь: 25000 терминов / под ред. А. Н. Азриляна. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Институт новой экономики, 2007. 1376 с.
2. Parshutina IG, Shmanev S, Ilminskaya SA, Ilyukhina IB. Methodological Approaches to the Analysis of Business Activity of Regions. *Contemporary Issues of Economic Development of Russia: Challenges and Opportunities*. 2019;59:123-130. DOI: 10.15405/epsbs.2019.04.14
3. Афанасьева М. В., Давыдова Л. В. Сравнительный анализ деловой активности в мировой экономической системе // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2011. № 1(96). С. 88-94. EDN: TIZUMZ
4. Ельшин Л. А., Прыгунова М. И. Деловая активность региона: оценка и перспективы воздействия на экономический рост // Экономика и управление в XXI веке. 2015. № 7. С. 7-10. EDN: VEHRJB
5. Богачкова Л. Ю., Усачева Н. Ю., Усачев А. А., Тихонович Э. А. Структурно-динамический анализ деловой активности малого и среднего бизнеса в экономике региона (на примере Волгоградской области) // Региональная экономика. Юг России. 2019. Т. 7. № 4. С. 113-126. DOI: 10.15688/re.volsu.2019.4.11. EDN: HIXZMJ
6. Зильберштейн Л.В., Чеботарева Е.В. Разработка регионального индекса деловой и экономической активности (на материалах Самарского региона) // Экономические науки. 2010. № 6 (67). С. 122-127.
7. Смирнов С. В., Френкель А. А., Кондрашов Н. В. Индексы региональной экономической активности // Вопросы статистики. 2016. № 12. С. 29-38. EDN: XGSGLF
8. Шестаков Р. Б. Феномен экономической и деловой активности в социально-экономической системе: интересы, действия, отношения, показатели // Экономика и предпринимательство. 2016. № 11-2 (76). С. 114-120. EDN: XESLNF
9. Ветрова Н. М., Штофер Г. А. Деловая активность региона: сущность, составляющие и подходы к оценке // Эколого-экономические аспекты функционирования региональных систем. Симферополь, 2019. С. 71-122. EDN: NVGGCR
10. Яковенко Н. В., Поросенков Ю. В. Теоретико-методологические подходы к исследованию

References

1. Azrilyan AN (ed.) Large economic dictionary: 25 000 terms. 6th ed., revised and enlarged. Moscow: Institute of New Economics. 2007:1376. (In Russ)
2. Parshutina IG, Shmanev SV, Ilminskaya SA, Ilyukhina IB. Methodological Approaches to the Analysis of Business Activity of Regions. *Contemporary Issues of Economic Development of Russia: Challenges and Opportunities*. 2019;59:123-130. DOI: 10.15405/epsbs.2019.04.14
3. Afanasyeva MV, Davydova LV. Comparative analysis of business activity in the world economic system. *Scientific Bulletins of Belgorod State University. Series: Economics. Computer Science*. 2011(1(96)):88-94. (In Russ). EDN: TIZUMZ
4. Elshin LA, Prygunova MI. Business activity of the region: assessment and prospects for the impact on economic growth. *Economics and Management in the 21st Century*. 2015(7):7-10. (In Russ). EDN: VEHRJB
5. Bogachkova LYu, Usacheva NYu, Usachev AA, Tikhonovich EA. Structural and dynamic analysis of business activity of small and medium-sized business in regional economy (based on Volgograd Region). *Regional Economy. South of Russia*. 2019;7(4):113-126. (In Russ). DOI: 10.15688/re.volsu.2019.4.11. EDN: HIXZMJ
6. Zilbershtein LV, Chebotareva EV. Development of a regional index of business and economic activity (based on materials from the Samara Region). *Economic Science*. 2010(6(67)):122-127. (In Russ).
7. Smirnov SV, Frenkel AA, Kondrashov NV. Indices of regional economic activity. *Voprosy Statistiki*. 2016(12):29-38. (In Russ). EDN: XGSGLF
8. Shestakov RB. The phenomenon of economic and business activity in the socio-economic system: interests, actions, relationships, indicators. *Economics and Entrepreneurship*. 2016(11-2(76)):114-120. (In Russ). EDN: XESLNF
9. Vetrova NM, Shtofer GA. Business activity of the region: essence, components and approaches to assessment. *Ecological and Economic Aspects of the Regional Systems Functioning*. Simferopol, 2019:71-122. (In Russ). EDN: NVGGCR
10. Yakovenko NV, Porosyonkov YuV. Theoretical and methodological approaches to the study of depressed regions of Russia. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geology*. 2013(2):10-21. (In Russ). EDN: RLMGCB

депрессивных регионов России // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2013. № 2. С. 10-21. EDN: RLMGCB

11. Лисин Д. А., Семина И. А., Фоломейкина Л. Н. Страны Зарубежной Европы: развитие сферы услуг по композитному индексу деловой активности // Регионология. 2020. Т. 28. № 2(111). С. 214-238. DOI: 10.15507/2413-1407.111.028.202002.214-238. EDN: NLUIGT

12. Яковенко Н. В. Кластерный подход и его применение для концептуирования и стратегирования социально-экономического развития депрессивного региона // Научный поиск. 2011. № 2. С. 70-74. EDN: PFCTRL

13. Штофер Г.А. Деловая активность региона: методология оценки: монография / Н. М. Ветрова, Г. А. Штофер. Симферополь: ИТ "АРИАЛ", 2012. 232 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Семина Ирина Анатольевна, кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой физической и социально-экономической географии, Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, isemina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7468-3102>

Фоломейкина Лариса Николаевна, кандидат географических наук, доцент кафедры физической и социально-экономической географии, Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия, folomejkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0172-2024>

Яковенко Наталия Владимировна, доктор географических наук, главный научный сотрудник научно-исследовательского института инновационных технологий и лесного комплекса, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, Воронеж, Россия, n.v.yakovenko71@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4203-0040>

Критерии авторства

Семина И. А. – формулировка идеи и основных задач исследования; Фоломейкина Л. Н. – разработка дизайна методологии; создание моделей; Яковенко Н. В. – ответственность за управление и координацию планирования и выполнения исследовательской деятельности.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 31.05.2023
Одобрена после рецензирования 14.06.2023
Принята к публикации 16.06.2023

11. Lisin DA, Semina IA, Folomeykina LN. Foreign European countries: development of the service sector according to the composite purchasing managers' index. *Russian Journal of Regional Studies*. 2020;28(2(111)):214-238. DOI: 10.15507/2413-1407.111.028.202002.214-238. (In Russ). EDN: NLUIGT

12. Yakovenko NV. Cluster approach and its application for and conceptifying and strategifying socio-economic development of depressed regions. *Scientific Search*. 2011(2):70-74. (In Russ). EDN: PFCTRL

13. Shtofer GA., Vetrova N M. Business activity of the region: assessment methodology: monograph. Simferopol: ARIAL, 2012:232. (In Russ).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Irina A. Semina, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Head of the Department of Physical and Socio-Economic Geography, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, isemina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7468-3102>

Larisa N. Folomeykina, Ph.D. (Geography), Associate Professor, Department of Physical and Socio-Economic Geography, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, folomejkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0172-2024>

Nataliya V. Yakovenko, Doctor of Science (Geography), Chief Researcher, Research Institute of Innovative Technologies and Forestry Complex, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia, n.v.yakovenko71@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4203-0040>

Contribution of the authors

Semina I. A. – formulation of research goals and aims; Folomeykina L. N. – development of methodology design; creation of models; Yakovenko N. V. – management and coordination responsibility for the research activity planning and execution.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 31.05.2023
Approved after reviewing 14.06.2023
Accepted for publication 16.06.2023

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК: 528.4
DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-110-117
EDN: YVJYBQ

Применение беспилотных летательных аппаратов для определения местоположения границ охранных зон линейных объектов на примере линий электропередачи

© 2023 **Сергеева И. В.**^{✉1}, **Тихонов А. Д.**¹, **Кубанова М. С.**²

¹ Государственный университет по землеустройству

Москва, Россия, Irina.Sergeeva.777@yandex.ru[✉]; tikhonov78@mail.ru

² Российский университет транспорта (Московский институт инженеров транспорта)
Москва, Россия, kubanova.mariya@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Цель. Проведение анализа существующей модели определения границ охранных зон и усовершенствование методики установления границ объектов электросетевого хозяйства путем применения беспилотных воздушных судов. Для выполнения цели проводились исследования аэрофото- съемки путем фотограмметрической обработки и рассмотрения с последующим использованием в картографических материалах. **Методы.** Сбор, инвентаризация, описание, систематизация, сравнение, анализ и оценка исходных данных в составе картографического метода исследования. Обработка осуществлялась в программном обеспечении Agisoft Metashape: Professional. **Результаты.** Получение более эффективных способов подготовки землеустроительной документации в отношении объектов электросетевого хозяйства путем применения беспилотного летательного аппарата (БПЛА) и программного обеспечения обработки аэрофотоснимков, а также потенциальное использование искусственного интеллекта. **Вывод.** Применение беспилотных летательных аппаратов для осуществления геодезической съемки является эффективным методом предварительных работ, необходимых кадастровому инженеру для дальнейшей подготовки описания местоположения границ зон с особыми условиями использования территории в виде охранных зон и направления готового пакета документов в ППК «Роскадастр».

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, аэрофотоснимки, картографические материалы, объекты электросетевого хозяйства, ортофотоплан, границы объектов.

Формат цитирования: Сергеева И. В., Тихонов Д. А., Кубанова М. С. Применение беспилотных летательных аппаратов для определения местоположения границ линейных объектов на примере линий электропередач // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2023. Т. 17. № 2. С. 110-117. DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-110-117 EDN: YVJYBQ

Unmanned Aerial Vehicles for Determining the Boundaries of Linear Objects Security Zones on the Example of Power Lines

© 2023 **Irina V. Sergeeva**^{✉1}, **Alexander D. Tikhonov**¹, **Maria S. Kubanova**²

¹ State University of Land Use Planning

Moscow, Russia, Irina.Sergeeva.777@yandex.ru[✉]; tikhonov78@mail.ru

² Russian University of Transport (Moscow Institute of Transport Engineers)
Moscow, Russia, kubanova.mariya@mail.ru

ABSTRACT. Aim. Analysis of the existing model for determining the boundaries of security zones and methodology improvement for establishing the boundaries of electric grid facilities through the use of unmanned aerial vehicles. To achieve the aim, aerial photography research was carried out through photogrammetric processing and examination with subsequent use in cartographic materials. **Methods.** Collec-

tion, inventory, description, systematization, comparison, analysis and evaluation of source data as part of the cartographic research method. Processing was carried out in Agisoft Metashape: Professional software. **Results.** Obtaining more efficient ways to prepare land survey documents for electric grid facilities through the use of unmanned aerial vehicle (UAV) and aerial image processing software, as well as the potential use of artificial intelligence. **Conclusion.** The use of UAVs for geodetic surveying is an effective method of preliminary work required by a cadastral engineer for further preparation of a description of the boundaries of zones with special conditions for the use of the territory in the form of security zones and sending a ready documents package to Federal Agency of Geodesy and Cartography.

Keywords: unmanned aerial vehicle, aerial photographs, cartographic materials, electric grid facilities, orthophotoplane, boundaries of objects.

For citation: Sergeeva IV, Tikhonov DA, Kubanova MS. Unmanned Aerial Vehicles for Determining the Boundaries of Linear Objects Security Zones on the Example of Power Lines. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences.* 2023;17(2):110-117. (In Russ.). DOI: 10.31161/1995-0675-2023-17-2-110-117. EDN: YVJYBQ

Введение

Электрификация России началась в 20-е гг. прошлого столетия. Был пройден сложный путь от становления топливно-энергетического комплекса до практически полного его разрушения во время Второй мировой войны. Однако в послевоенные годы и до настоящего времени энергетическая мощь нашей страны только растет. Сейчас самые удаленные уголки России подключены к единой энергетической системе [1].

Вместе с тем, надежная эксплуатация объектов энергетики невозможна без соответствующих правил охраны электрических сетей, которые зависят от вида объекта электросетевого хозяйства и конструктивных элементов сооружений.

Независимо от геополитической ситуации в нашей стране правовому обеспечению безопасности эксплуатации объектов электросетевого хозяйства всегда уделялось особое внимание – от Постановлений Совета народных комиссаров СССР от 30.06.1925 г. до новейшей истории и принятия Постановления Правительства РФ от 24.02.2009 № 160 прошло более 80 лет [2; 3]. Однако цели как нынешних, так и ранее действующих нормативных актов в области охраны электрических сетей направлены на решение одних и тех же задач – создание условий для надежного электроснабжения потребителей и защиты как объектов энергоинфраструктуры, так и жизни и здоровья населения РФ.

С развитием электрических сетей особое значение приобретает определение границ как самих объектов электросетевого хозяйства, так и их охранных зон на местности для владельцев объектов энергетики, а также для правообладателей зе-

мельных участков, обремененных такими зонами. В настоящее время в отношении большей части объектов энергетики не определены границы, данный факт является препятствием для осуществления гражданских правоотношений (осуществление сделок с недвижимостью и т. д.) и использования земельных участков в соответствии с существующими ограничениями. Осуществить геодезическую съемку и подготовить необходимые для учета документы в отношении огромного количества электрических сетей является затратным для сетевых организаций и не представляется возможным в ближайшей перспективе в текущих условиях.

Стремительный рост технологий с внедрением беспилотных летательных аппаратов в землеустроительные и кадастровые работы может решить вышеуказанную проблему. Актуальность статьи обуславливается использованием БПЛА, которые помогут оптимизировать работу кадастровых инженеров, сократить время на выполнение полевых и камеральных работ, обеспечить экономию денежных средств, необходимых для производства работ.

Изучение и выявление особенностей применения БПЛА для определения местоположения границ объектов электросетевого хозяйства имеет ряд характерных отличительных особенностей:

- 1) Увеличение площади картографирования: благодаря высокой скорости и маневренности БПЛА можно выполнять картографирование на больших площадях;
- 2) точность меньше, чем у традиционной съемки;
- 3) маленькая грузоподъемность: в разных моделях беспилотных летательных

аппаратов имеются разные характеристики по полезной нагрузке и при выборе БПЛА необходимо учитывать вес камеры, лидара или сканера, который нужно прикрепить к комплексу;

4) непригодность к погодным условиям: БПЛА чувствительны к погодным условиям. При сильных ветрах или плохой видимости качество работы БПЛА снижается. Также съемку затрудняет густорастущая растительность и снег;

5) ограниченное время полета: время полета зависит от емкости и заряда аккумулятора;

6) риск зацепления;

7) правовые ограничения: использование БПЛА влечет за собой определенные правовые ограничения и требования к оператору и самому БПЛА. Нарушение этих правил может привести к штрафам.

Целью данной статьи является демонстрация возможности и особенностей использования БПЛА для определения границ объектов электросетевого хозяйства. Для достижения указанной цели решался комплекс задач:

1) Изучение технических и функциональных характеристик БПЛА;

2) изучение ПО Agisoft Metashape: Professional и обработка с помощью него проекта;

3) провести эксперимент путем применения БПЛА и обработки результатов в ПО Agisoft Metashape: Professional с указанием анализа полученных результатов.

Материалы и методы исследования

При проведении научно-исследовательской работы использованы сбор, описание, сравнение, анализ и оценка картографических материалов в составе картографического метода исследования.

При этом ведущим в данном исследовании является анализ полученных картографических материалов (аэрофотоснимков), предполагающий осуществление сложного процесса тщательного описания и комплексного изучения их элементов и свойств, для получения данных о местоположении объекта капитального строительства электросетевого хозяйства [3].

Анализ картографического материала и всей процедуры определения местоположения границ путем применения БПЛА. Все больше и больше в современном мире на смену тяжелым полевым работам приходят современные технологии. С развитием

технологий появилась возможность производить съемку с помощью БПЛА вместе с геодезическим оборудованием.

Применение беспилотных летательных аппаратов началось еще в начале XX столетия, и тогда их применяли и разрабатывали для военных целей. С развитием технологий такие комплексы начали применять в кадастровых и землеустроительных работах, а также для обороны, транспорта, навигации и других сферах жизни [5].

В данное время представить любую сферу деятельности без применения беспилотных летательных аппаратов очень сложно. Комплексы помогают решить такие проблемы как:

1) Мониторинг пожаров;

2) военная оборона;

3) определение границ объектов на местности;

4) помощь в поисково-спасательных операциях;

5) обнаружение загрязнения территорий;

6) изучение атмосферы.

«Беспилотный летательный аппарат (дрон) представляет собой воздушное судно без пилота, которое выполняет полет без командира воздушного судна на борту и либо полностью дистанционно управляется из другого места с земли, с борта другого воздушного судна, из космоса, либо запрограммировано и полностью автономно» [6].

Изначально аэрофотосъемка совершалась с пилотируемых летательных аппаратов, либо снимки брались со спутниковой съемки. Максимальное разрешение данных спутников съемки 0,5 м, что бывает недостаточно для крупномасштабного картирования. А традиционная аэрофотосъемка с помощью самолетов и вертолетов требует высоких экономических затрат.

Таким образом, благодаря экономической выгоде и возможности получения более точных данных, популярность беспилотных летательных аппаратов возрастает. Они являются привлекательными как для профессиональных целей, так и для любительских съемок.

Помимо этого, различают следующие типы БПЛА, отличающиеся конструкцией и принципом работы, взлета/посадки и назначения:

1) БПЛА самолетного типа;

2) мультироторные БПЛА;

3) БПЛА аэростатического типа;

4) беспилотные конвертопланы и гибридные модели.

Качество съемки зависит не только от погодных условий, выбора самого беспилотного летательного аппарата, но также и от параметров камеры.

Качество аэрофотоснимков зависит от таких параметров, как:

- 1) Размер матрицы;
- 2) разрешение матрицы;
- 3) светочувствительность;
- 4) угол обзора;
- 5) оптические характеристики объектива;
- 6) физический размер пикселя.

В ходе исследования были проведены следующие этапы работы:

- 1) Загрузка данных (снимков) в Metashape;
- 2) обзор загруженных снимков, удаление ненужных;
- 3) выравнивание аэрофотоснимков;
- 4) построение облака точек;
- 5) построение трехмерной полигональной модели;
- 6) построение цифровой модели местности (ЦММ);
- 7) построение ортофотоплана;
- 8) экспорт результатов.

В данной работе рассматривается весь цикл вышеуказанных этапов на примере объекта электросетевого хозяйства, который размещен на территории Приволжского района Самарской области (рис. 1) [4].

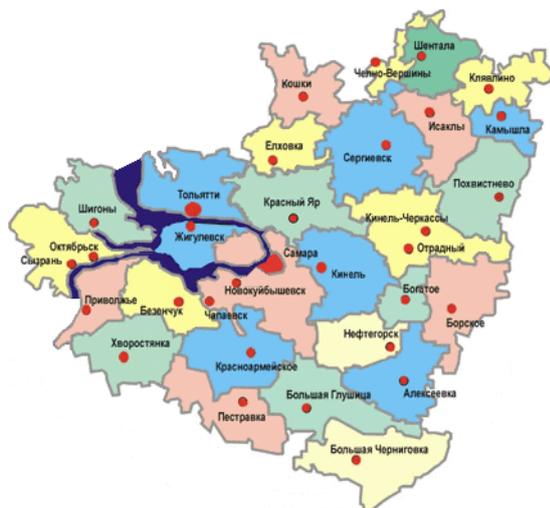


Рис. 1. Административное деление и границы Самарской области [7]
Fig. 1. Administrative division and borders of the Samara Region [7]

Для обработки в ПО Agisoft Metashape: Professional был выбран объект электросетевого хозяйства низкого напряжения 0,4 – 6 – 10 кВТ с высотой фотографирования 102 м, фокусным расстоянием 20 мм в системе координат UMC-R10C.

В начале обработки необходимо загрузить исходные аэрофотоснимки линейного объекта.

Далее осуществляется импорт и загрузка координат центров фотографий в местной системе координат. Следующим этапом необходимо выровнять аэрофотоснимки для того, чтобы программа определила положение снимков и в дальнейшем построила плотное облако точек (рис. 2).

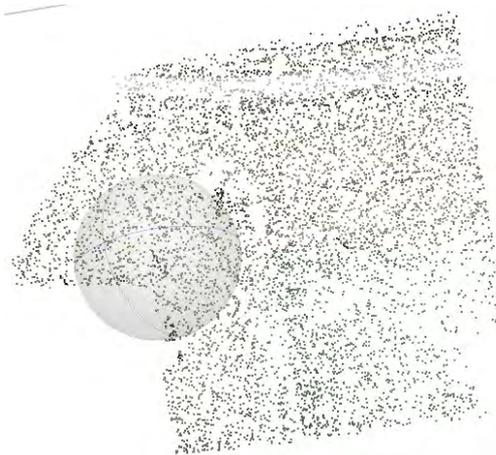


Рис. 2. Выравнивание аэрофотоснимков
Fig. 2. Alignment of aerial photographs

После определения положений аэрофотоснимков и выравнивание снимков необходимо построить плотное облако точек. Программа позволяет создавать плотное облако точек на основании рассчитанных элементов внутреннего и внешнего ориентирования (рис. 3).



Рис. 3. Создание плотного облака точек
Fig. 3. Creating a dense point cloud

Для дальнейшего построения ортофотошлана необходимо построить цифровую модель рельефа (ЦМР). «ЦМР представляет собой модель поверхности в виде регулярной сетки значений высот» (рис. 4) [8].

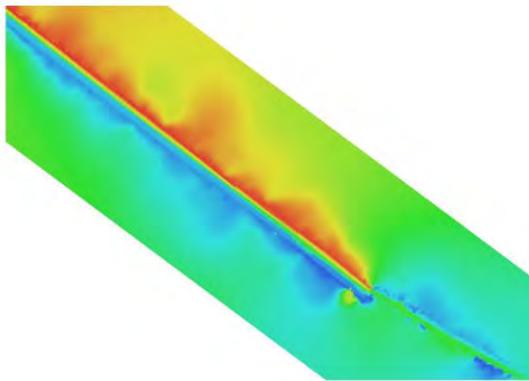


Рис. 4. Создание цифровой модели рельефа

Fig. 4. Creating a digital elevation model

Далее необходимо построить ортофотошлан по цифровой модели местности. «Ортофотошлан создается путем ортотрансформирования исходных снимков» (рис. 5) [8].



Рис. 5. Ортофотошлан на картографической подложке

Fig. 5. Orthophotoplan on a cartographic substrate

После создания ЦМР и ортофотошлана создается 3D модель местности. Перед созданием трехмерной модели местности необходимо создать текстуру для лучшего отображения цветовых свойств объекта, но так как был выбран объект электросетевого хозяйства текстура не играет роли при создании трехмерной модели (рис. 6).

Далее осуществляются переходы в местную/локальную систему координат. Для корректного преобразования данных в местную/локальную систему координат (СК) готовим файл *.prj, точно описывающий параметры преобразования.

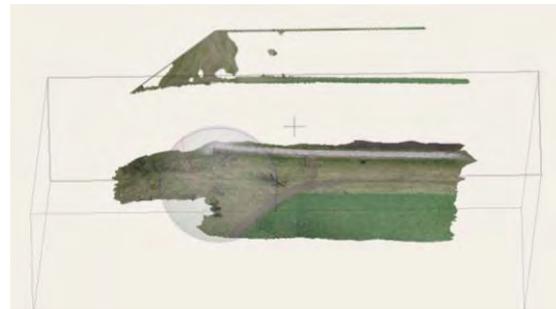


Рис. 6. Трехмерная модель
Fig. 6. Three-dimensional model

В рамках одной местной или локальной СК все параметры, кроме TOWGS84, остаются неизменными. Для выполнения точных преобразований необходимо использовать параметры TOWGS84, получаемые при калибровке (локализация) GNSS сети (проекта) [9].

Далее кадастровый инженер осуществляет подготовку технического плана и описания местоположения границ объекта электросетевого хозяйства в целях дальнейшей постановки на кадастровый учет и внесения сведений об охранной зоне в Единый государственный реестр недвижимости.

Результаты и их обсуждение

Указанная выше графическая часть, а именно трехмерная модель (рис. 6), дает полное представление о рассматриваемой местности с включением всех размещенных объектов.

Лучше всего идентифицируются линейные объекты, а именно дороги.

Программное обеспечение Agisoft Metashape: Professional дает возможность создать цифровые модели и построить ортофотошлан на картографической подложке. Данные результаты отражают расширенные функции применения БПЛА для внесения актуальных сведений в Единый государственный реестр недвижимости. По результатам обработки этих моделей можно сформировать такие документы, как описание местоположения границ охранной зоны, публичного сервитута, межевой план, технический план, проект планировки территории, проект межевания территории, генеральный план, схему территориального планирования и т. д. Особенно актуально применение БПЛА в стесненных условиях, например, территория населенных пунктов.

Осуществление геодезической съемки путем применения БПЛА позволяет осу-

пешествить правильную оценку территории в оперативные сроки. Благодаря полученным снимкам и формируемым моделям учитываются особенности территории и применение может расширяться от подготовки землеустроительной документации до мониторинга состояния земель, распространения разрастания опасных растений, эрозии почвы, лесных пожаров и т. д.

Заключение

В рамках данной работы был рассмотрен вариант оптимизации осуществления геодезической съемки линейных объектов. По результатам проведенной работы можно сделать вывод, что с учетом применения БПЛА выполнение кадастровых работ осуществляется в максимально короткие сроки за счет производства геодезической съемки большого количества объектов электросетевого хозяйства и элементов окружающей среды.

Путем оптимизации при помощи искусственного интеллекта можно было достигнуть более детального результата, более точных координат, что позволит сократить этапы обработки и получить более качественный материал.

Проекты, созданные с помощью БПЛА, можно улучшить путем применения искусственного интеллекта, а именно применение его в самом летательном аппарате, что позволяет упростить процесс сбора и анализа геопространственных данных.

Использование нейронных сетей для сегментации изображений, полученных с БПЛА, позволяет автоматически выделять различные типы местности, такие как земельные участки, леса, водоемы, дороги и здания.

Искусственный интеллект может быть обучен распознавать и идентифицировать объекты на снимках с БПЛА, такие как здания, дороги, деревья и структуры. В дальнейшем искусственный интеллект может быть адаптирован под местность съемки и включать в себя функцию определения характеристик объектов, таких как высота зданий или тип почвы.

Использование искусственного интеллекта в съемке с БПЛА позволяет увеличить эффективность и точность процесса, сократить затраты и уменьшить человеческую ошибку. Это особенно полезно в сферах геодезии, управления недвижимостью, городского планирования и земельного управления, где актуальные и точные кадастровые данные играют важную роль [10].

Благодаря применению искусственного интеллекта комплекс БПЛА может без вмешательства человека переключать режимы съёмки, что повысит точность аэрофотосъемки, то есть осуществлять работы, сопоставимые с деятельностью геодезистов и кадастровых инженеров.

Список источников

1. История Государственной комиссии по электрификации России: официальный сайт Министерства энергетики РФ. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/3039> (дата обращения: 07.06.2023).
2. Постановление СНК СССР от 30.06.1925 «О порядке сооружения и регистрации электрических станций и надзора за таковыми» // «СЗ СССР», 1925, № 45, ст. 335; «Известия ЦИК СССР и ВЦИК», 1925, № 168.
3. О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон» (с изменениями и дополнениями): Постановление Правительства РФ от 24.02.2009 № 160.
4. Салищев К. А. Картография. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1982. 272 с.
5. Овчинникова Н. Г., Медведков Д. А. Применение беспилотных летательных аппаратов для ведения землеустройства, кадастра и градострои-

References

1. History of the State Commission for Russian Electrification: official website of the Energy Ministry of the Russian URL: <https://minenergo.gov.ru/node/3039> (accessed 07.06.2023). (In Russ).
2. Resolution of the Council of People's Commissars in the USSR dated June 30, 1925 "On the procedure for the construction and registration of electrical stations and the supervision". Collected Laws of the USSR, 1925, No. 45, art. 335; "Proceedings of the Central Executive Committee of the USSR and the All-Russian Central Executive Committee", 1925(168). (In Russ).
3. On the procedure for establishing security zones of electric grid facilities and special conditions for the use of land plots located within the boundaries of such zones" (with amendments and additions): Decree of the Government of the Russian Federation dated February 24, 2009(160). (In Russ).
4. Salishchev KA. Cartography. 3rd ed., revised and enlarged. Moscow, Vysshaya shkola, 1982:272.

тельства // Экономика и экология территориальных образований. 2019. Т. 34. № 1. С. 98-108. DOI: 10.23947/2413-1474-2019-3-1-98-108. EDN: VUULFW

6. Беспилотный летательный аппарат (дрон, БПЛА). URL: [\(https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Беспилотный_летательный_аппарат_\(дрон,_БПЛА\)\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Беспилотный_летательный_аппарат_(дрон,_БПЛА)) (дата обращения: 07.06.2023).

7. Карта административного деления Самарской области. URL: [\(https://www.samregion.ru/administrativnaya-karta/\)](https://www.samregion.ru/administrativnaya-karta/) (дата обращения: 07.06.2023).

8. Пошаговое руководство: «Построение ортофотоплана и цифровой модели местности (ЦММ) по данным аэрофотосъемки в программе Agisoft Metashape Pro 1.6 (с опорными точками и без)» URL: https://www.agisoft.com/pdf/MS_1.6_tutorial_ru_Orthomosaic_DEM.pdf (дата обращения: 07.06.2023).

9. Руководство пользователя Agisoft Metashape Professional Edition, версия 1.6. URL: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_6_ru.pdf (дата обращения: 07.06.2023).

10. Матюха С. В. Искусственный интеллект в беспилотных авиационных системах // Транспортное дело России. 2022. № 1. С. 8-11. DOI: 10.52375/20728689_2022_1_8. EDN: BBMRRG

(In Russ).

5. Ovchinnikova NG, Medvedkov DA. The use of unmanned aerial vehicles for land management, cadastre and urban planning. *Economy and Ecology of Territorial Formations*. 2019;34(1):98-108. DOI: 10.23947/2413-1474-2019-3-1-98-108. (In Russ). EDN: VUULFW

6. Unmanned aerial vehicle (drone, UAV). URL: [\(https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Беспилотный_летательный_аппарат_\(дрон,_БПЛА\)\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Беспилотный_летательный_аппарат_(дрон,_БПЛА)) (accessed 07.06.2023). (In Russ).

7. Map of the administrative division in the Samara Region. URL: [\(https://www.samregion.ru/administrativnaya-karta/\)](https://www.samregion.ru/administrativnaya-karta/) (accessed 07.06.2023). (In Russ).

8. Step-by-step guide: "Constructing an orthomosaic and digital terrain model (DTM) based on aerial photography data in the Agisoft Metashape Pro 1.6 program (with/without control points)". URL: https://www.agisoft.com/pdf/MS_1.6_tutorial_ru_Orthomosaic_DEM.pdf (accessed 07.06.2023). (In Russ).

9. Agisoft Metashape Professional Edition User Guide, version 1.6. URL: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_6_ru.pdf (accessed 07.06.2023). (In Russ).

10. MATYUKHA SV. Artificial intelligence in unmanned aircraft systems. *Transport Business of Russia*. 2022(1):8-11. DOI: 10.52375/20728689_2022_1_8. (In Russ). EDN: BBMRRG

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Тихонов Александр Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры информатики, Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия, tikhonov78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9790-0336>

Сергеева Ирина Владимировна, аспирант, кафедра информатики, Институт геоинформационных технологий и географии, Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия, irina.Sergeeva.777@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-6685-3729>

Кубанова Мария Сергеевна, студентка, кафедра «Высшая школа», Российский университет транспорта (Московский институт инженеров транспорта), Москва, Россия, kubanovamariya@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5556-7819>

Критерии авторства

Сергеевой И. В. подготовлена информация в части истории и развития электрификации и объектов электросетевого хозяйства, анализа территории и картографического материала; Кубанова

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Affiliations

Alexander D. Tikhonov, Ph.D. (Technical Science), Associate Professor, Department of Computer Science, State University of Land Use Planning, Moscow, Russia, tikhonov78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9790-0336>

Irina V. Sergeeva, Ph.D. student, Department of Informatics, Institute of Geoinformation Technologies and Geography, State University of Land Use Planning, Moscow, Russia, irina.Sergeeva.777@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-6685-3729>

Maria S. Kubanova, student, Department of Higher School, Russian University of Transport (Moscow Institute of Transport Engineers), Moscow, Russia, kubanovamariya@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5556-7819>

Contribution of the authors

Sergeeva I. V. prepared information regarding the history and development of electrification and electric grid facilities, analysis of the territory and cartographic material. Kurbanova M. S. made UAV

М. С. сделала теоретический обзор БПЛА с указанием применения, характеристик и технических особенностей БПЛА и программного обеспечения, необходимого для обработки данных. Практическая часть работы с описанием выполняемых этапов, а также выводы по работе подготовлены совместно Сергеевой И. В. и Кубановой М. С. Тихоновым А. Д. произведено курирование написания статьи и внесение необходимых корректировок.

theoretical review with an indication of the using, characteristics and technical features of the UAV and the software required for data processing. The practical part of the work with a description of the stages performed, as well as conclusions were prepared jointly by Sergeeva I. V. and Kubanova M. S. Tikhonov A. D. supervised the writing of the article and made the necessary adjustments.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Статья поступила в редакцию 15.06.2023
Одобрена после рецензирования 19.06.2023
Принята к публикации 21.06.2023*

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interests.

*The article was submitted 15.06.2023
Approved after reviewing 19.06.2023
Accepted for publication 21.06.2023*

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. № 2. 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.elrpub.ru>; e-mail: dgpurio@yandex.ru

Формат 60x84¹/₈. Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
Усл. печ. л. 13,95. Уч.-изд. л. 9,8. Тираж 500 экз. Заказ № 2325. 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 ДФТБУ.
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

📍 RANEPА
Moscow, Russia

Karen Holland
Scopus CSAB Subject Chair



Olga V. Kirillova
Russian CSAB Chair, president ASEP