

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

REGIONAL GEOSYSTEMS

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2022. Том 46, № 4

16+

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

2022. Том 46, № 4

До 2020 г. журнал издавался под названием «Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки».

Основан в 1995 г.

Журнал включен в Перечень ВАК рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук (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), 1.6.14. Геоморфология и палеогеография (географические науки), 1.6.15. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель (географические науки), 1.6.19. Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия (географические науки), 1.6.21. Геоэкология (географические науки) 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия (географические науки), 1.6.18. Науки об атмосфере и климате (географические науки), 1.6.20. Геоинформатика, картография (географические науки)). Журнал зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет».

Издатель: НИУ «БелГУ», Издательский дом «БелГУ».

Адрес редакции, издателя: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

Главный редактор

Лисецкий Ф.Н., доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Ведущий редактор

Голеусов П.В., доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Ответственный секретарь

Зеленская Е.Я., кандидат географических наук, м.н.с. Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов НИУ «БелГУ», (Белгород, Россия)

Члены редколлегии:

Витченко А.Н., доктор географических наук, профессор Белорусского государственного университета (Минск, Республика Беларусь)

Геннадиев А.Н., доктор географических наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

Тишков А.А., чл.-корр. РАН, доктор географических наук, профессор Института географии РАН (Москва, Россия)

Ермолаев О.П., доктор географических наук, профессор Казанского федерального университета (Казань, Россия) (по согласованию)

Куролан С.А., доктор географических наук, профессор Воронежского государственного университета (Воронеж, Россия)

Луно Э.Р., доктор, профессор Университета Миссури (Колумбия, США)

Недялков М.И., чл.-корр. Академии Наук Молдовы, доктор географических наук, профессор Института экологии и географии Академии Наук Молдовы (Кишинев, Республика Молдова)

Хаустов В.В., доктор геолого-минералогических наук, профессор Юго-Западного государственного университета (Курск, Россия)

Хуббарт Дж. А., доктор, профессор Университета Западной Вирджинии (Моргантаун, США)

Чантурия Е.Л., доктор технических наук, профессор НИТУ «МИСиС» (Москва, Россия)

Чендев Ю.Г., доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

ISSN 2712-7443 (online)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС 77-77841 от 31.01.2020. Выходит 4 раза в год.

Выпускающий редактор Ю.В. Ивахненко. Корректура, компьютерная верстка и оригинал-макет Н.А. Вус. E-mail: goleusov@bsu.edu.ru. Гарнитуры Times New Roman, Arial, Impact. Уч.-изд. л. 17,0. Дата выхода 30.12.2022. Оригинал-макет подготовлен отделом объединенной редакции научных журналов НИУ «БелГУ». Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

СОДЕРЖАНИЕ

- 477 **Иванов А.Н.**
Беллигеративно-вулканические и орнитогенные геосистемы Центрально-Курильских островов
- 488 **Куница М.Н.**
Рекреационный потенциал как фактор формирования туристского образа территории: особенности Брянской области
- 502 **Лопина Е.М.**
Опыт изучения эстетически привлекательных и рекреационно значимых объектов в границах муниципальных образований
- 513 **Тесленок С.А., Муштайкин А.П.**
Картографирование избыточной смертности на территории постсоветского пространства в 2020–2021 годах на фоне пандемии коронавируса
- 522 **Матлахова Е.Ю., Еременко Е.А., Большов С.И., Бредихин А.В., Мишурицкий Д.В., Абдуллаева И.В., Шеремецкая Е.Д., Беляев В.Р., Гуринов А.Л., Деркач А.А., Иванов М.М., Фузеина Ю.Н., Журавлева В.И., Буркова А.А., Лобачева Д.М. Шишкин В.С.**
Геоморфологические ресурсы национального парка «Кисловодский»
- 539 **Шмидт И.В., Латыпова А.М., Царенко А.А.**
Применение данных дистанционного зондирования Земли для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур
- 555 **Мелкий В.А., Верхотуров А.А.**
Современное состояние растительного покрова вулкана Головнина по данным космических съемок (о. Кунашир, Курильские острова)
- 574 **Косинова И.И., Игнатенко И.М., Базарский О.В., Курышев А.А., Бударина В.А.**
Использование универсальной энтропийной модели для оценки экологического состояния территорий сельских поселений
- 585 **Жуйков Д.В.**
Геоэкологические особенности распределения серы и марганца в агроэкосистемах Белгородской области
- 596 **Ашихмина Т.В., Каверина Н.В.**
Геоэкологический мониторинг накопленного экологического вреда при обращении с отходами животноводства в Воронежской области
- 615 **Фрумин Г.Т., Негодина Е.С.**
Экологически допустимые концентрации тяжёлых металлов в реке Большая Нева
- 624 **Новых Л.Л., Раевская М.В., Орехова Г.А.**
Некоторые особенности использования родников (на примере Белгородской области)

REGIONAL GEOSYSTEMS

2022. Volume 46, No. 4

Until 2020, the journal was published with the name "Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences".

Founded in 1995

The journal is included into the List of Higher Attestation Commission of peer-reviewed scientific publications where the main scientific results of dissertations for obtaining scientific degrees of a candidate and doctor of science should be published (1.6.12. Physical geography and biogeography, soil geography and geochemistry of landscapes (geographic science), 1.6.13. Economic, social, political and recreational geography (geographical sciences), 1.6.14. Geomorphology and paleogeography (geographical sciences), 1.6.15. Land management, cadastre and land monitoring (geographic science), 1.6.19. Aerospace research Earth, photogrammetry (geographical sciences), 1.6.21. Geoecology (geographical science) 1.6.16. Hydrology of land, water resources, hydrochemistry (geographic science), 1.6.18. Atmospheric and climate sciences (geographical sciences), 1.6.20. Geoinformatics, cartography (geographical sciences)). The journal is introduced in Russian Science Citation Index (РИИЦ).

Founder: Federal state autonomous educational establishment of higher education «Belgorod National Research University».

Publisher: Belgorod National Research University «BelSU» Publishing House.

Address of editorial office, publisher: 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia.

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Chief Editor

Fedor N. Lisetskii, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia)

Issuing Editor

Pavel V. Goleusov, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia)

Responsible Secretary

Evgeniya Ya. Zelenskaya, Candidate of Geographical Sciences (Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia)

Members of Editorial Board:

Aleksandr N. Vitchshenko, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus)

Aleksandr N. Gennadiyev, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia)

Arkadiy A. Tishkov, Member corr. RAS, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Institute of Geography RAS, Moscow, Russia)

Oleg P. Ermolaev, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Kazan Federal University, Kazan, Russia)

Semyon A. Kurolap, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Voronezh State University, Voronezh, Russia)

Anthony R. Lupo, Doctor, Professor (University of Missouri-Columbia, Columbia, USA)

Maria I. Nedealcov, Member corr. Academy of Sciences of Moldova, Doctor, professor, (Institute of Ecology and Geography ASM, Chişinău Municipality, Republica of Moldova)

Vladimir V. Khaustov, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor (Southwestern State University, Kursk, Russia)

Jason A. Hubbart, Doctor (Ph. D), Professor (West Virginia University, Morgantown, USA)

Elena L. Chanturia, Doctor of Technical Sciences, Professor (NUST "MISiS", Moscow, Russia)

Yuriy G. Chendev, Doctor of Geographical Sciences, Professor (BSU, Belgorod, Russia)

ISSN 2712-7443 (online)

The journal has been registered at the Federal service for supervision of communications information technology and mass media (Roskomnadzor). Mass media registration certificate ЭЛ № ФС 77-77841 dd 31.01.2020. Publication frequency: 4/year

Commissioning Editor Yu.V. Ivakhnenko. Pag Proofreading, computer imposition, page layout by N.A. Vus. E-mail: goleusov@bsu.edu.ru. Typefaces Times New Roman, Arial, Impact. Publisher's signature 17,0. Date of publishing 30.12.2022. The layout was prepared by the Department of the joint editorial Board of scientific journals of NRU "BelSU". Address: 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

CONTENTS

- 477 **Ivanov A.N.**
Belligerative-Volcanic and Ornithogenic Geosystems of Central Kurils Islands
- 488 **Kunitsa M.N.**
Recreational Potential as a Factor of Formation Tourist Image of the Territory: Features of Bryansk Region
- 502 **Lopina E.M.**
Experience in Studying Aesthetically Attractive and Recreationally Significant Objects within the Municipalities Boundaries
- 513 **Teslenok S.A., Mushtaikin A.P.**
Mapping Excess Mortality in the Post-Soviet Space in 2020–2021 on the Background of the Coronavirus Pandemic
- 522 **Matlakhova E.Yu., Eremenko E.A., Bolysov S.I., Bredikhin A.V., Mishurinskij D.V., Abdullaeva I.V., Sheremetskaya E.D., Belyaev V.R., Gurinov A.L., Derkach A.A., Ivanov M.M., Fuzeina Yu.N., Zhuravleva V.I., Burkova A.A., Lobacheva D.M., Shishkin V.S.**
Geomorphological Resources of the Kislovodsk National Park
- 539 **Shmidt I.V., Latypova A.M., Tsarenko A.A.**
Application of Remote Sensing Data for Crop Yield Forecasting.
- 555 **Melkiy V.A., Verkhoturov A.A.**
Current State of the Vegetation Cover of Golovnin Volcano by Space Survey Data (Kunashir Island, Kuril Islands)
- 574 **Kosinova I.I., Ignatenko I.M., Bazarsky O.V., Kuryshv A.A., Budarina V.A.**
Use of a Universal Entropy Model to Assess the Ecological State of the Rural Settlements Territories
- 585 **Zhuikov D.V.**
Geoecological Features of the Distribution of Sulfur and Manganese in Agroecosystems of the Belgorod Region
- 596 **Ashikhmina T.V., Kaverina N.V.**
Geoecological Monitoring of Accumulated Environmental Damage in the Handling of Livestock Waste in the Voronezh Region
- 615 **Frumin G.T., Negodina E.S.**
Environmentally Allowable Concentrations of Heavy Metals in the River Bolshaya Neva
- 624 **Novykh L.L., Raevskaya M.V., Orekhova G.A.**
Some Types of Spring Use (Belgorod Region)



УДК 911.5

DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-477-487

Беллигеративно-вулканические и орнитогенные геосистемы Центрально-Курильских островов

Иванов А.Н.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Россия, 119234, г. Москва, ул. Ленинские горы, 1, офис 1820-А
E-mail: a.n.ivanov@mail.ru

Аннотация. Обсуждаются особенности и закономерности структуры ландшафтов Центрально-Курильских островов на примере острова с действующим вулканом и крупной колонией морских птиц. В рамках концепции нуклеарных систем проведен анализ структуры острова Матуа с активным вулканом Сарычева, обосновано выделение трех зон влияния вулкана, каждая из которых делится на две подзоны. Показано, что для небольшого острова активный вулкан выступает ландшафтообразующим фактором, определяющим основные особенности структуры и функционирования островной геосистемы в целом. На острове-сателлите Топорковый в роли системообразующего фактора выступает большая колония морских птиц, под влиянием которой находится весь остров, при этом изменяется верхняя часть литогенной основы, формируется орнитогенный микрорельеф, почвенно-растительный покров, биогеохимический круговорот и формируется специфическая островная орнитогенная геосистема.

Ключевые слова: остров, ландшафт, структура, вулкан, беллигеративные комплексы, морские колониальные птицы

Благодарности: Работа выполнена в рамках темы «Факторы и процессы пространственно-временной организации природных и антропогенных ландшафтов» (госбюджет). Номер ЦИТИС: 121051300176-1.

Для цитирования: Иванов А.Н. 2022. Беллигеративно-вулканические и орнитогенные геосистемы Центрально-Курильских островов. Региональные геосистемы, 46(4): 477–487. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-477-487

Belligerent-Volcanic and Ornithogenic Geosystems of Central Kurils Islands

Andrey N. Ivanov

Lomonosov Moscow State University,
office 1820-A, 1 Leninskiye Gory St, Moscow 119234, Russia
E-mail: a.n.ivanov@mail.ru

Abstract. The formation of unusual belligerent-volcanic and ornithogenic geosystems of Central Kuriles is discussed. Matua is a volcanic island located in the central part of the Kurile-Kamchatka island arc. Its greater northwestern part is occupied by the edifice of Sarychev Peak Volcano, which is one of the most active volcanoes in the Kuriles. The south-eastern part of the island is an ancient abrasion-accumulative terrace, which base is formed by weakly dislocated pliocene-eopleistocene volcanic-aqueous complexes overlapped with marine deposits and solid soil-pyroclastic cover. Periodical large-scale input of pyroclastics and lava is a background for the Matua island evolution. A model of the nuclear system with a core within the volcano crater has been developed. According to the degree of volcano's influence on natural complexes three zones have been identified, i.e. strong, medium and moderate. The main components of volcano's impact are lava and pyroclastic flows, pyroclastic waves, tephra fallout, and gas emissions. It was found that in the modern period the volcano is the main system-forming factor for the majority of natural complexes of the island. Matua Island is an area with a unique anthropogenic landscape shaped by the Japan army as a result of the



construction of elaborated military fortifications in the first half of the 20th century. The main kinds of Japanese fortification constructions and their relationship with the landscape structure are examined. Conclusion is made that the belligerent-volcanic landscape of the island is unique for Russia. Formation of specific ornithogenic geosystems within the areas of concentration of colonial seabirds is discussed. The small Tufted Puffin island is an object of research. Relatively short-term (only during the nesting period) but century-lasting impact of rookeries results in the changes of upper part of the lithogenic basis, formation of specific microrelief and soil and vegetation complex, abnormal chemical composition of surface water.

Keywords: Island, landscape, structure, volcano, belligerent complexes, marine colonial birds

Acknowledgements: The work was done under the state-financed theme "Factors and processes of spatial-temporal organization of natural and anthropogenic landscapes". Number CITIS 121051300176-1.

For citation: Ivanov A.N. 2022. Belligerent-Volcanic and Ornithogenic Geosystems of Central Kurils Islands. *Regional Geosystems*, 46(4): 477–487 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-477-487

Введение

Ландшафтное пространство России изучено весьма неравномерно. В опубликованном недавно обзоре [Солодянкина и др., 2021] отмечены регионы, выделяющиеся хорошей изученностью ландшафтов, во многом благодаря сложившимся в регионах ландшафтных школах и многолетним полевым исследованиям. К их числу относятся большая часть Европейской России, Северный Кавказ, Алтай, юг Восточной Сибири и др. В то же время некоторые регионы представляют собой своеобразные «белые пятна», особенно в отношении отсутствия проводившихся здесь крупно- и среднemasштабных ландшафтных работ. Один из таких районов – Центрально-Курильские острова, выделяющиеся, с одной стороны, крайней труднодоступностью, а с другой стороны – наличием своеобразных факторов ландшафтной дифференциации, отсутствующих или редко встречающихся в других регионах. К числу таких факторов относятся вулканогенный, зоогенный, милитаригенный и др.

Вулканические ландшафты распространены в России ограниченно и встречаются только на Камчатке и Курильских островах. Ранее было предложено выделять отдельный вулканический тип ландшафтов [Быкасов, 1982], тем не менее с ландшафтной точки зрения многие структурно-функциональные особенности вулканических геосистем остаются изученными недостаточно. Особенно это касается Курильских островов, где активные вулканы на небольших островах являются системообразующим фактором, определяющим все основные черты пространственно-временной организации островной геосистемы в целом [Мархинин, 1985]. В конце 1930-х – начале 1940-х годов, когда Курильские острова принадлежали Японии, на ряде островов были созданы военные базы, имели место военные действия, что привело к формированию особого класса природно-антропогенных ландшафтов, которые Ф.Н. Мильков [1973] предложил называть беллигеративными. Часто небольшие острова бывают полностью заселены колониями морских птиц, которые способны выступать ландшафтообразующим фактором, определяющим структурно-функциональные особенности островных геосистем [Иванов, 2013]. Подобное сочетание редко встречающихся факторов, процессов и как результат – формирование очень своеобразных островных геосистем характерно для Центрально-Курильских островов. Цель настоящей работы – выявление особенностей и закономерностей ландшафтной структуры Центральных Курил на примере островов с активным вулканом и крупной колонией морских птиц.

Объекты и методы исследований

При написании статьи использованы материалы полевых исследований, проводившихся на Курильских островах в 2016–2017 гг. Объектами исследований стали два острова, расположенные в центральной части Курильской гряды – о. Матуа (рис. 1) и небольшой остров-сателлит Топорковий.



Рис. 1. Географическое положение о. Матуа
Fig. 1. Geographical location of Matua Island



Рис. 2. Зоны влияния вулкана Сарычева на о. Матуа (пояснения в тексте)
Fig. 2. Zones of influence of the Sarychev volcano on Matua Island (explanations in the text)

Площадь о. Матуа составляет 52,1 км², максимальная абсолютная высота 1446 м связана с действующим вулканом Сарычева (рис. 2). В геологическом масштабе времени вулкан является молодым и очень активным [Razzhigaeva et al., 2018]. Последнее крупное извержение имело место в 2009 году и было достаточно сильным (VEI = 4) [Urail, Ishizuka, 2011], после этого еще дважды наблюдалась активизация вулкана с образованием небольших лавовых потоков. На современном этапе для вулкана характерны эксплозивные извержения, при этом пирокластические отложения имеют андезито-базальтовый состав [Rybin et al., 2011].



Остров-сателлит Топорковый (площадь 1,1 км², максимальная абсолютная высота 70 м) находится в одном километре к востоку от о. Матуа. Предполагается, что остров представляет небольшой эруптивный центр, образовавшийся на рубеже позднего неоплейстоцена и голоцена, и наложенный на денудационный уровень морской террасы, в настоящее время подводной [Дегтерев, 2013]. Характерной чертой является единая пологовыпуклая поверхность крутизной от 3–5° до 8–10° с высотами от 70 м в наиболее высокой части до 20–40 м по периферии, ограниченная со всех сторон в разной степени выраженными абразионными уступами, выработанными в скальных породах. Топорки, давшие название острову, составляют основу птичьей колонии (90 тыс. особей), также весьма велика численность глупышей (около 50 тыс. особей). Заметно меньшую численность имеют тихоокеанские чайки (350 особей) и моевки (700). Общая численность колонии составляет около 150 тыс. особей [Артюхин и др., 2001]. Птицы гнездятся почти исключительно на скальных клифах и прибрежных склонах крутизной от 10° до 45°, на вершинной поверхности острова в настоящее время гнезда не встречаются, хотя не исключено, что гнездование здесь было в прошлом. Тем не менее через геохимический прессинг влияние птиц проявляется на весь остров [Иванов, Авессаломова, 2008; Otero et al., 2018a].

При изучении особенностей структуры островных геосистем использовали традиционные методы ландшафтного картографирования и профилирования с учетом специфики вулканических ландшафтов [Жучкова и др., 1973; Ганзей, 2010]. Нуклеарную систему острова изучали по совокупности 62 точек комплексного описания, расположенных на разном удалении от кратера действующего вулкана. Для изучения орнитогенных геосистем была разработана оригинальная методика, заключающаяся в сопряженном анализе и последующем синтезе населения птиц с привязкой к ландшафтной структуре, формам микрорельефа, почвенном и растительном покрове как на учетных площадках, так и по ходу маршрутов [Иванов, 2013]. Образцы почв и растений отбирали по типичным ландшафтно-геохимическим катенам, анализы проводили по стандартным методикам OFOF¹.

Результаты и их обсуждение

При анализе структуры вулканического ландшафта использована концепция нуклеарных систем [Ретеюм, 1988]. В этом случае выделяется ядро с активным вулканом и окружающие его зоны и подзоны влияния. Критериями проведения границ зон и подзон являются площадь и глубина воздействия основных составляющих влияния вулкана – лавовых и пирокластических потоков, пирокластических волн, лахаров, выпадения тефры, газовых эмиссий, а также особенности изменения морфолитогенной основы, характер развития геосистем, соотношение зональных факторов и вулканизма, и как следствие – особенности ландшафтной структуры (табл. 1).

Для зоны сильного влияния вулкана характерна полная трансформация морфолитогенной основы за счет формирования новых вулканических форм рельефа и отложений. Влияние вулкана абсолютно доминирует над зональными факторами. Характер развития геосистем здесь можно определить как импульсный по схеме «катастрофическая смена – восстановление – катастрофическая смена» с периодом в первые десятки лет. Для ландшафтной структуры типичны неполные природные комплексы без растительности и почв (вулканические пустыни), лишь в нижней части зоны появляются пионерные растительные сообщества, в основном представленные пеннелиантом кустарниковым (*Pennelianthus frutescens*) и остролодочником притупленным (*Oxytropis retusa*). Выделение подзон Ia и Ib проведено по границе распространения лавовых потоков вулкана в современный период.

¹ Хрусталева М.А. 2003. Аналитические методы исследований в ландшафтоведении. М., Технополиграфцентр, 88 с.

Таблица 1
Table 1

Особенности геосистем в различных зонах влияния вулкана
Peculiarities of geosystems at the zone of strong volcanic influence

Зона сильного влияния					
Под-зоны	Составляющие воздействия вулкана	Особенности изменения литогенной основы	Характер развития	Соотношение зональных факторов и вулканизма	Особенности ландшафтной структуры
а	Лавовые и пирокластические потоки, пирокластические волны, тефра, газовые эмиссии	Полное замещение, лава и тефра любой размерности	Импульсный с периодом $n \times 10^1$ лет	Вулканизм \gg зональные	Вулканические пустыни с фрагментами пионерных растительных сообществ
б	Пирокластические потоки и волны, тефра, газовые эмиссии	Полное замещение, тефра любой размерности			
Зона среднего влияния					
а	Пирокластические потоки и волны, выпадение тефры, лахары, газовые эмиссии	Отдельные языки пирокластических потоков, тефра, в т. ч. крупная	Эволюционно-импульсный	Вулканизм $>$ зональные	Сочетание отдельных языков пирокластических потоков и фрагментов тундровых, луговых, стланиковых сообществ
б		Полное изменение литогенной основы в зоне транзита лахаров, тефра			Лавовые плато с тундрами и крутые склоны под ольховниками
Зона умеренного влияния					
а	Лахары, тефра (мелкий гравий, пепел, отдельные лапилли)	Зона аккумуляции лахаров, выпадение тефры	Импульсно-эволюционный	Вулканизм = зональные	Морские террасы разных уровней с наложенными пролювиальными конусами под
б	Тефра (мелкий гравий, пепел, отдельные лапилли)	Выпадение тефры			зарослями ольховника, фрагментами тундр и лугов

В зоне среднего влияния на морфолитогенную основу воздействуют краевые части пирокластических потоков, выпадение тефры и транзит вулканических селей по долинам. Пирокластические волны уничтожают часть растительного покрова, но не затрагивают морфолитогенную основу. Вулканизм по-прежнему доминирует над зональными факторами, однако если имеются продолжительные перерывы между извержениями, восстановление геосистем может дойти до зонально-островного типа растительного покрова (ольховники, тундры, луга). Почвы слабо развиты, обычно сформирован только верхний маломощный органогенный горизонт, который сменяется гравелисто-щебнистой тефрой. В подзоне Па во время сильных извержений могут выпадать отдельные языки пирокластических потоков, для подзоны Пб они не характерны.

В зоне умеренного влияния, наиболее удаленной от вулкана, трансформация морфолитогенной основы большей частью связана с аккумуляцией пирокластических



отложений в периоды наиболее сильных извержений в подзоне ШБ. В краевой части (подзона Ша) кроме того наблюдается наложение конусов выноса вулканических селей на субгоризонтальные поверхности морских террас, протяженность самого большого из них после извержения 2009 года составила 750 м. Характер развития в этой зоне можно определить, как импульсно-эволюционный, при котором влияние вулкана и зональные факторы имеют примерно одинаковый вес. Для растительного покрова характерна зонально-островная растительность (сочетание ольхового стланика, лугов и луговых тундр), в почвенном покрове формируются органо-аккумулятивные почвы. Общая формула почвенного профиля имеет вид $A - C_{\text{тефр}} - [A]$, где A – поверхностные горизонты с высоким содержанием $C_{\text{орг}}$, $C_{\text{тефр}}$ – пачка стратифицированных отложений действующего вулкана, $[A]$ – погребенные горизонты.

Поверхностные горизонты A весьма разнообразны, их свойства зависят от вида наземного растительного покрова. При доминировании в травяном ярусе крупнотравных и злаковых лугов формируется гумусовый горизонт, под тундровой растительностью – грубогумусовый, под папоротниковым наземным покровом – торфяной или торфяно-перегнойный, в местах нарушения растительного покрова – сухоторфяный. Больше всего $C_{\text{орг}}$ содержится в горизонтах под крупнотравной растительностью (13,3 %), там же отмечается самый высокий рН (6,1) и содержание поглощенных оснований (40,5 мг-экв/100 г).

Слой $C_{\text{тефр}}$ представлен гравелисто-щебнистыми пирокластическими отложениями с тонкими (0,5–2,0 см) прослоями погребенных органогенных горизонтов. Суммарная мощность горизонтов A и $C_{\text{тефр}}$ может достигать 50 см. Ниже, как правило, хорошо выражены два мощных погребенных горизонта $[A_{\text{andic}}]$ и $[A_{\text{п}}]$; для последнего характерно весьма высокое содержание $C_{\text{орг}}$. (в среднем 13 %).

Исходная основа вулканического ландшафта в значительной степени преобразована антропогенным фактором, связанным с милитаризованными комплексами. В конце 1930-х гг. на острове началось строительство японской военной базы, которое продолжалось несколько лет. В 1943 году на о. Матуа была размещена эскадрилья легких бомбардировщиков, весной 1944 года прибыла рота танков. В конечном итоге на острове была создана система многочисленных и разнообразных по конструкции и планировке наземных и подземных долговременных фортификационных сооружений, включающих пулеметные и артиллерийские позиции, наблюдательные и командные пункты, склады, убежища для укрытия личного состава и т. п. Особенно высокая концентрация фортификационных сооружений наблюдалась в местах возможной высадки десанта. Вследствие сравнительно небольшой площади остров был чрезвычайно насыщен объектами военной инженерии, полевой фортификации (окопы, орудийные дворники, ходы сообщения, противотанковые рвы) и военной инфраструктуры (аэродром, дороги, пирсы). Численность японского военного гарнизона на о. Матуа сильно колебалась в разные периоды в зависимости от боевой обстановки, максимальное значение превышало 7,6 тыс. чел. [Самарин, 2019]. Остров неоднократно подвергался бомбардировкам со стороны американской авиации и флота, однако высаживать десант американцы так и не решились. Тем не менее бelligеративными комплексами практически полностью трансформирована зона умеренного влияния вулкана с морскими террасами, в значительной степени изменена зона среднего влияния с вулканическими постройками древнего вулкана Матуа, единичные объекты встречаются даже в зоне сильного влияния вблизи вулкана. При этом большинство подобных объектов сохранилось до настоящего времени [Иванов, 2017]. Чрезвычайная насыщенность территории оборонительными сооружениями оказала существенное влияние на островные геосистемы. Густая сеть траншей и противотанковых рвов выступает как своеобразная дренажная система, что обуславливает формирование гигротопов в диапазоне от влажных-сырых до свежих-сухих. В структуре почвенного покрова большие площади занимают техногенно нарушенные почвы. Для растительного покрова характерны обедненные злаковые и разнотравно-злаковые луга и вересковые пустоши. Видовое разнообразие фитоценозов увеличивается только на локальных участках с незначительной нарушенностью, где появляются виды из семейства орхидных, норичниковых и др.

Сформировавшийся таким образом ландшафт с активным современным вулканом, имеющий в основе вулканическое происхождение, но структура которого значительно изменена фортификационными сооружениями и другими милитаригенными объектами, оказывающими значительное влияние на структуру и функционирование природных комплексов, можно назвать беллигеративно-вулканическим.

Другой тип геосистем сформирован на острове-сателлите Топорковый. В геосистемном аспекте остров представляет типичный образец орнитогенной геосистемы, системообразующим фактором для структурно-функциональных особенностей которой является большая колония морских птиц. Многие районы Арктики и Субарктики выделяются повышенной плотностью морских птиц [Davidson et al., 2018], если на острове отсутствуют поселения человека и хищные млекопитающие, птицы часто занимают при гнездовании весь остров. При этом возраст подобных геосистем может насчитывать несколько тысячелетий, а трансформации прослеживаются в большинстве природных компонентов и межкомпонентных отношениях [Иванов, 2013]. В данном случае принципиальным фактом является отсутствие лисиц, весьма многочисленных на о. Матуа, которые, очевидно, не могут перебраться через незамерзающий пролив между островами. Возраст птичьей колонии составляет как минимум несколько веков, поскольку еще на первой карте о. Матуа, составленной в конце XIX в. по материалам Г. Сноу [1992], о. Топорковый имеет название «Пуффинь» (*Tufted Puffine* – английское название топорков).

Многовековая деятельность птиц существенным образом изменила верхнюю часть литогенной основы. Топорки гнездятся в норах, при этом они почти каждый год роют новые норы или обновляют старые, перемещая большую массу почво-грунтов. Для того, чтобы взлететь с береговых обрывов топорки прокладывают сеть тропинок и формируют своеобразные «взлетные площадки», на которых почвенно-растительный покров вытопан до состояния щебнистой отмостки. На поверхностях, где ежегодно происходит гнездование птиц, ведущими процессами формирования рельефа выступают орнитогенные турбации, в результате которых происходит образование нового типа отложений, состоящих из коры выветривания лав, отходов жизнедеятельности птиц и травянистых растительных остатков, а также перемещение их вниз по склонам. Этот органоминеральный слой постоянно перемешивается в результате рытья нор птицами и имеет сильно пересеченный кочковато-норный микрорельеф с перепадами относительных высот до 1 м. Средняя плотность птичьих нор на таких поверхностях составляет 0,75–1,0 шт./м².

Растительные сообщества острова состоят всего из нескольких видов, способных выдержать постоянные механические повреждения со стороны птиц и сильнейший геохимический прессинг. Для береговой зоны характерны отдельные куртины дудника Гмелина (*Angelica gmelinii*) и ребросемянника уральского (*Pleurospermum uralense*) с проективным покрытием около 50 %, иногда к ним примешивается бодяк камчатский (*Cirsium kamtschaticum*) и лабазник камчатский (*Filipendula camtschatica*). Для вершинной поверхности острова типично сочетание луговых сообществ с отдельными пятнами тундровой растительности, при этом под злаковыми лугами с вейником Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii*) сформирована необычайно мощная (15–18 см) и плотная упругая дернина.

Почвенный покров о. Топорковый также сформирован при значительном влиянии птиц. На абразионных высоких берегах в местах обитания колоний птиц формируются специфические типы почв – орнитогенные литоземы, имеющие маломощный орнитогенный горизонт, сформированный на плотной вулканической породе, а также орнитогенные мощные гравелисто-щебнистые почвы. Общие характерные особенности орнитогенных почв – уменьшение рН относительно фоновых значений на 1–1,5 единицы, повышенное содержания $S_{орг}$, N, P, K, Mg, Ca, увеличение концентрации тяжелых металлов и др. В современной классификации почв России [Шишов и др., 2004] подобные почвы не отражены.

Орнитогенные мощные гравелисто-щебнистые почвы формируются вблизи краевой части береговых уступов, обрывистых и ступенчатых берегов в местах колоний топорков на



рыхлых пирокластических отложениях общей мощностью более 50 см. Орнитогенный слой в этих почвах представляет собой рыхлую буровато-палевого цвета смесь сухоторфяного горизонта с метаболитами птиц. В подстилающей почвообразующей породе различаются отдельные единичные агрегаты в массе пирокластического материала. Включения растительных остатков различной размерности и сохранности в большом количестве можно встретить до глубины 20–25 см, ниже обнаруживаемые растительные остатки и в некоторой степени частички породы покрыты «шубой» из мелкозема, который, по всей вероятности, сцементирован гидрозолями Al и Si. Профиль орнитогенных литоземов, формирующихся на береговых обрывах, состоит из сухоторфяного горизонта мощностью 10–20 см, залегающего на щебнисто-мелкоземистой толще из элювия андезито-базальтов, обогащенного органическим веществом.

В ландшафтно-геохимическом отношении специфика о. Топорковый определяется соседством тундровых, луговых и прибрежно-скальных элементарных геохимических ландшафтов (ЭГЛ). Наибольшим разнообразием отличаются луговые ландшафты Н-класса, занимающие разные положения в структуре гетеролитных катен, сформировавшихся на позднеплейстоцен-голоценовых лавах и пирокластических отложениях. Они включают автономные ЭГЛ со злаковыми и разнотравно-злаковыми лугами и трансэлювиальные ЭГЛ склонов, обращенных к морю. Их средние части заняты колосняковыми лугами на орнитогенных петроземах и литоземах с невысоким содержанием $C_{орг}$ (3,6 %) и развитием щелочно-кислотной зональности, проявляющейся в переходе от слабокислой среды органогенных горизонтов ($pH = 5,5$) к нейтральной ($pH = 6,2$) в минеральных горизонтах.

В нижних частях склонов усложняется фракционная структура травянистой фитомассы лугов за счет увеличения числа видов злаков, появления крупнотравья (дудник Гмелина) и участия орнитофильных видов. Противоречивость функционирования луговых ЭГЛ в условиях прессинга со стороны колониальных птиц проявляется в том, что при увеличении разнообразия орнитофильных растений отмечается снижение проективного покрытия и изреживание травяного покрова, формирование своеобразных орнитогенных петроземов и резкое увеличение кислотности их почвенных растворов ($pH = 4,14$). Такая тенденция четко прослеживается при сравнении с ЭГЛ верхних звеньев катен. Увеличение кислотности почв связано с агрессивностью продуктов трансформации экскрементов птиц и отмечается для других островных орнитогенных геосистем Северной Пацифики [Иванов, Авессаломова, 2012]. Появление таких ЭГЛ в структуре катен провоцирует контрастность миграционных обстановок в связи с влиянием орнитогенного фактора и определяет своеобразие о. Топорковый, отличающее его от о. Матуа, где колонии птиц не имеют площадного распространения.

Одним из индикаторов влияния птиц является увеличение содержания P в орнитогенных петроземах (0,4 %) по сравнению с почвами сопряженных с ними ЭГЛ верхних звеньев катен. По уровню его содержания эти почвы на порядок отличаются от почв о. Матуа (0,07 %) и тefры (0,08 %). Сходная ситуация отмечается и в донных отложениях ручейков в восточной части о. Топорковый, в которых концентрация P выше (0,2 %) по сравнению с ручьями в бухте Айну, где фосфор обнаруживается не всегда. Огромное влияние птиц на химические свойства почв и донных осадков в местах гнездования обнаруживается в самых разных регионах и имеет общие черты [Parnikoza et al, 2018; Turner-Meservy et al., 2022].

Таким образом, анализ геохимических параметров показывает, что несмотря на небольшие размеры о. Топорковый является целостной самостоятельной ландшафтно-геохимической системой, в том числе играет определенную роль в глобальных биогеохимических циклах азота и фосфора [Otero et al., 2018b]. Внутренняя неоднородность сформирована под влиянием комплекса факторов, в состав которых (в отличие от ландшафтов о. Матуа) входит орнитогенный фактор. Активность зоогенеза создает предпосылки для трансформации фитоценозов и почв, и включения продуктов метаболизма птиц в водную миграцию, что способствует увеличению ландшафтно-геохимического своеобразия острова.

Заключение

Представленные два типа геосистем – вулканогенные и орнитогенные – с одной стороны вполне типичны для Центрально-Курильских островов, с другой стороны имеют ярко выраженные специфические черты. Особенно это относится к беллигеративно-вулканическому ландшафту о. Матуа, который, вероятно, является уникальным для России, поскольку аналоги, в которых накладывались бы друг на друга вулканические и беллигеративные факторы на небольшой островной площади, в других регионах отсутствуют. Сравнительно небольшие размеры острова привели к необычайной насыщенности его территории объектами военной инфраструктуры, большинство из которых как наземные, так и подземные, сохранились до настоящего времени. Другие острова в составе Центральных Курил представляют собой либо одиночные вулканы (активные или потухшие), либо слившиеся между собой конуса вулканов, однако без беллигеративной составляющей. На большинстве островов Центральных Курил имеются колонии морских птиц, при этом на крупных островах они гнездятся обычно на береговых обрывах, оказывая влияние в основном на прилегающую акваторию. Но на малых островах большие колонии морских птиц могут выступать системообразующим фактором. Если на острове отсутствуют поселения человека и наземные хищники, птицы для гнездования часто осваивают всю островную площадь, используя различные местообитания и формируя специфические орнитогенные геосистемы. Трансформации там подвергаются практически все природные компоненты и межкомпонентные связи, формируется специфический биогеохимический круговорот, придающий черты функциональной целостности всей островной геосистеме.

Список литературы

- Артюхин Ю.Б., Трухин А.М., Корнев С.И., Пуртов С.Ю. 2001. Кадастр колоний морских птиц Курильских островов. Биология и охрана птиц Камчатки, 3: 3–59.
- Быкасов В.Е. 1982. Вулканогенный тип ландшафта. Вопросы географии Камчатки, 8: 17–21.
- Ганзей К.С. 2010. Ландшафты и физико-географическое районирование Курильских островов. Владивосток, Дальнаука, 214 с.
- Дегтерев А.В. 2013. История эруптивной деятельности вулкана Пик Сарычева в голоцене (о. Матуа, Центральные Курильские острова). Автореф. дис...канд. геол.-минерал. наук. Владивосток, 27 с.
- Жучкова В.К., Зонов Ю.Б., Горяченков В.А. 1973. Методические приемы ландшафтных исследований вулканических районов Камчатки. В кн.: Ландшафтный сборник. М., Изд-во Московского университета: 117–137.
- Иванов А.Н. 2013. Орнитогенные геосистемы островов Северной Пацифики. М., Научный мир, 228 с.
- Иванов А.Н. 2017. Особенности ландшафтной структуры острова Матуа (Центральные Курилы). Известия Русского Географического общества, 149(5): 25–36.
- Иванов А.Н., Авессаломова И.А. 2008. Ландшафтно-геохимические особенности орнитогенных геосистем Ямских островов (Охотское море). Вестник Московского Университета. Серия 5: География, 2: 35–42.
- Иванов А.Н., Авессаломова И.А. 2012. Орнитогенные экосистемы – геохимические феномены биосферы. Биосфера, 4(4): 385–396.
- Мархинин Е.К. 1985. Вулканизм. М., Недра, 288 с.
- Мильков Ф.Н. 1973. Человек и ландшафты. М., Мысль, 220 с.
- Ретеюм А.Ю. 1988. Земные миры. М., Мысль, 266 с.
- Самарин И.А. 2019. История острова Матуа. Т. 1. Белгород, Константа, 207 с.
- Сноу Г. 1992. Записки о Курильских островах. Краеведческий бюллетень, 1: 89–127.
- Солодянкина С.В., Кошкарев А.В., Ганзей К.С., Исаченко Г.А., Лысенко А.В., Старожилов В.Т., Хорошев А.В., Черных Д.В. 2021. Некоторые итоги и перспективы ландшафтного картографирования России. География и природные ресурсы, 42(3): 23–36.
- Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. 2004. Классификация и диагностика почв России. Смоленск, Ойкумена, 342 с.



- Davidson T. A., Wetterich S., Johansen K. L., Grønnow B., Windirsch T., Jeppesen E., Syväranta J., Olsen J., González-Bergonzoni I., Strunk A., Larsen N.K., Meyer H., Søndergaard J., Dietz R., Eulears I., Mosbech A. 2018. The History of Seabird Colonies and the North Water Ecosystem: Contributions from Palaeoecological and Archaeological. *Ambio*, 47(2): 175–192. DOI: 10.1007/s13280-018-1031-1.
- Otero X.L., De La Peña S., Romero D., Nobrega G.N., Ferreira T.O., Pérez-Alberti A. 2018a. Trace Elements in Biomaterials and Soils from a Yellow-Legged Gull (*Larus Michahellis*) Colony in the Atlantic Islands of Galicia National Park (NW Spain). *Marine Pollution Bulletin*, 133: 144–149. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2018.05.027.
- Otero X. L., De La Peña S., Pérez-Alberti A., Ferreira T.O., Huerta-Diaz M.A. 2018b. Seabird Colonies as Important Global Drivers in the Nitrogen and Phosphorus Cycles. *Nature communications*, 9: 246. DOI:10.1038/s41467-017-02446-8.
- Parnikoza I., Rozhok A., Convey P., Veselski M., Esefeld J., Ochyra R., Mustafa O., Braun C., Peter H.-U., Smykla J., Kunakh V., Kozeretska I. 2018. Spread of Antarctic Vegetation by the Kelp Gull: Comparison of Two Maritime Antarctic Regions. *Polar Biology*, 41: 1143–1155. DOI: 10.1007/s00300-018-2274-9.
- Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Arslanov Kh.A., Mokhova L.M., Degterev A.V., Ganzei K.S., Pshenichnikova N.F., Maksimov F.E., Starikova A.A., Petrov A.Yu. 2018. Records of Late Glacial-Holocene Paleogeographical Events in Organogenic Deposits of Matua Islands (Central Kurils). *Russian Journal of Pacific Geology*, 12: 384–399. DOI: 10.30911/0207-4028-2018-37-5-48-64.
- Rybin A., Chibisova M., Webley T., Steensen T., Izbekov P., Neal Ch., Realmuto V. 2011. Satellite and Ground Observations of the Ground Observations of the June 2009 Eruption of Sarychev Peak Volcano, Matua Island, Central Kuriles. *Bulletin of Volcanology*, 73: 1377–1392. DOI: 10.1007/s00445-011-0481-0.
- Turner-Meservy C., Vilmundardóttir O.K., Lal R., Gísladóttir G. 2022. Soil Chemical Properties in Glacial Moraines Across a Chronosequence Influenced by Avifauna and Volcanic Materials: Breiðamerkurjökull, Iceland. *Catena*, 209 (2): 105836. DOI: 10.1016/j.catena.2021.105836.
- Urail M., Ishizuka Y. 2011. Advantages and Challenges of Space-Borne Remote Sensing for Volcanic Explosivity Index (VEI): The 2009 Eruption of Sarychev Peak on Matua Island, Kuril Islands, Russia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 208(3–4): 163–168.

References

- Artyukhin Yu.B., Trukhin A.M., Kornev S.I., Purtov S.Y. 2001. Cadastre of Seabird Colonies of the Kurile Islands. *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki*, 3: 3–59 (in Russian).
- Bykasov V.E. 1982. Vulkanogennyi tip landshafta [Volcanogenic Type of Landscape]. *Voprosy geografii Kamchatki*, 8: 17–21.
- Ganzey K.S. 2010. Landshafty i fiziko-geograficheskoye rayonirovaniye Kurilskikh ostrovov [Landscapes and Physiogeography Division of Kurile Islands]. Vladivostok, Publ. Dalnauka, 214 p.
- Degterev A.V. 2013. Istoriya eruptivnoy deyatelnosti vulkana Pik Sarycheva v golotsene (o. Matua. Tsentralnyye Kurilskiyе ostrova) [The History of Eruptive Activity of the Sarychev Peak Volcano in the Holocene (the Matua Island, Central Kuril Islands)]. Abstract. dis. ... cand. geol.-min. sciences. Vladivostok, 27 p.
- Zhuchkova V.K., Zonov Yu.B., Goryachenkov V.A. 1973. Metodicheskiye priyemy landshaftnykh issledovaniy vulkanicheskikh rayonov Kamchatki [Methodological techniques for landscape studies of volcanic regions of Kamchatka]. In: *Landshaftnyy sbornik [Landscape Collection]*. Moscow, Publ. Moscow State University: 117–137.
- Ivanov A.N. 2013. Ornitogennyye geosistemy ostrovov Severnoy Patsifiki [Ornithogenic geosystems of islands of Northern Pacifica]. Moscow, Publ. Nauchnyy mir, 228 p.
- Ivanov A.N. 2017. Landscape Structure Peculiarities of Matua Island (Central Kuriles). *Proceedings of the Russian Geographical Society*, 149(5): 25–36 (in Russian).
- Ivanov A.N., Avessalomova I.A. 2008. Landscape-Geochemical Features of Ornithogenic Geosystems of the Yamsk Islands (the Sea of Okhotsk). *Moscow University Bulletin. Series 5, Geography*, 2: 35–42 (in Russian).
- Ivanov A.N., Avessalomova I.A. 2012. Ornithogenous Ecosystems as a Geochemical Phenomenon of the Biosphere. *Biosphere*, 4(4): 385–396 (in Russian).
- Markhinin E.K. 1985. Vulkanizm [Volcanism]. Moscow, Publ. Nedra, 288 p.



- Milkov F.N. 1973. Chelovek i landshafty [Man and Landscapes]. Moscow, Publ. Mysl, 220 p.
- Reteyum A.Yu. 1988. Zemnyye miry [Terrestrial worlds]. Moscow, Publ. Mysl, 266 p.
- Samarin I.A. 2019. Istoriya ostrova Matua [History of Matua Island]. Vol. 1. Belgorod, Publ. Constant, 207 p.
- Snow G. 1992. Zapiski o Kuril'skikh ostrovakh [Notes about the Kuril Islands]. Kraevedcheskiy bjulleten, 1: 89–127.
- Solodyankina S.V., Koshkarev A.V., Ganzei K.S., Isachenko G.A., Lysenko A.V., Starozhilov V.T., Khoroshev A.V., Chernykh D.V. 2021. Some Results and Prospects of Landscape Mapping of Russia. Geography and Natural Resources, 42(3): 211–224 (in Russian). DOI: 10.1134/S1875372821030112.
- Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. 2004. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii [Classification and diagnostics of soils in Russia]. Smolensk, Publ. Oykumena, 342 p.
- Davidson T.A., Wetterich S., Johansen K.L., Grønnow B., Windirsch T., Jeppesen E., Syväranta J., Olsen J., González-Bergonzoni I., Strunk A., Larsen N.K., Meyer H., Søndergaard J., Dietz R., Eulears I., Mosbech A. 2018. The History of Seabird Colonies and the North Water Ecosystem: Contributions from Palaeoecological and Archaeological. Ambio, 47(2): 175–192. DOI:10.1007/s13280-018-1031-1.
- Otero X.L., De La Peña S., Romero D., Nobrega G.N., Ferreira T.O., Pérez-Alberti A. 2018a. Trace Elements in Biomaterials and Soils from a Yellow-Legged Gull (*Larus michahellis*) Colony in the Atlantic Islands of Galicia National Park (NW Spain). Marine Pollution Bulletin, 133: 144–149. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2018.05.027.
- Otero X. L., De La Peña S., Pérez-Alberti A., Ferreira T.O., Huerta-Diaz M.A. 2018b. Seabird Colonies as Important Global Drivers in the Nitrogen and Phosphorus Cycles. Nature communications, 9: 246. DOI:10.1038/s41467-017-02446-8.
- Parnikoza I., Rozhok A., Convey P., Veselski M., Esefeld J., Ochyr R., Mustafa O., Braun C., Peter H.-U., Smykla J., Kunakh V., Kozeretska I. 2018. Spread of Antarctic Vegetation by the Kelp Gull: Comparison of Two Maritime Antarctic Regions. Polar Biology, 41: 1143–1155. DOI: 10.1007/s00300-018-2274-9.
- Razzhigaeva N.G., Ganzei L.A., Arslanov Kh.A., Mokhova L.M., Degterev A.V., Ganzei K.S., Pshenichnikova N.F., Maksimov F.E., Starikova A.A., Petrov A.Yu. 2018. Records of Late Glacial-Holocene Paleogeographical Events in Organogenic Deposits of Matua Islands (Central Kurils). Russian Journal of Pacific Geology, 12: 384–399. DOI: 10.30911/0207-4028-2018-37-5-48-64.
- Rybin A., Chibisova M., Webley T., Steensen T., Izbekov P., Neal Ch., Realmuto V. 2011. Satellite and Ground Observations of the Ground Observations of the June 2009 Eruption of Sarychev Peak Volcano, Matua Island, Central Kuriles. Bulletin of Volcanology, 73: 1377–1392. DOI: 10.1007/s00445-011-0481-0.
- Turner-Meservy C., Vilmundardóttir O.K., Lal R., Gísladóttir G. 2022. Soil Chemical Properties in Glacial Moraines Across a Chronosequence Influenced by Avifauna and Volcanic Materials: Breiðamerkurjökull, Iceland. Catena, 209(2): 105836. DOI: 10.1016/j.catena.2021.105836.
- Urail M., Ishizuka Y. 2011. Advantages and Challenges of Space-Borne Remote Sensing for Volcanic Explosivity Index (VEI): The 2009 Eruption of Sarychev Peak on Matua Island, Kuril Islands, Russia. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 208(3–4): 163–168.

Поступила в редакцию 07.10.2022;
поступила после рецензирования 03.11.2022;
принята к публикации 30.11.2022

Received October 07, 2022;
Revised November 03, 2022;
Accepted November 30, 2022

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Иванов Андрей Николаевич, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры физической географии и ландшафтоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Andrey N. Ivanov, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Geography and Landscape Science of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia



УДК 911.3:338.48

DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-488-501

Рекреационный потенциал как фактор формирования туристского образа территории: особенности Брянской области

Куница М.Н.

Брянский государственный университет им. И.Г. Петровского,
Россия, 241036, г. Брянск, ул. Бежицкая, 14
E-mail: geodem@mail.ru

Аннотация. В процессе реализации государственной политики стимулирования внутреннего туризма усиливается роль положительного туристского имиджа субъектов страны, на развитие которого воздействуют гетерогенные факторы. Несмотря на активизацию изучения этой проблематики, ее региональному аспекту уделяется еще недостаточное внимание. Цель данной работы – комплексный анализ рекреационного потенциала как основы становления туристского образа модельной Брянской области Центральной России. Применены системный, территориальный, поведенческий научные подходы исследования. Выделены главные особенности структуризации туристского образа субъекта согласно когнитивной модели пространственных представлений. Раскрыты характерные черты природного, культурно-исторического и социально-экономического потенциалов территории, влияющих на его базовый географический «слой». Рассмотрена специфика других «слоев» и значение ресурсов в их развитии для углубления представления об области. Выявлены особенности региональной идентичности в туристском образе через восприятие его населением. Отражены ведущие проблемы и направления формирования позитивного имиджа как важного элемента реализации туристской политики.

Ключевые слова: туризм, туристский образ, рекреационный потенциал, природный потенциал, культурно-исторический потенциал, инфраструктура, аттрактор, регион

Для цитирования: Куница М.Н. 2022. Рекреационный потенциал как фактор формирования туристского образа территории: особенности Брянской области. Региональные геосистемы, 46(4): 488–501. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-488-501

Recreational Potential as a Factor of Formation Tourist Image of the Territory: Features of Bryansk Region

Marina N. Kunitsa

Bryansk State Academician I.G. Petrovski University,
14 Bezhitskaya St, Bryansk 241036, Russia
E-mail: geodem@mail.ru

Abstract. The role of a positive tourist image of the country's subjects in the process of implementing the state policy of stimulating domestic tourism is increasing. Its development is influenced by heterogeneous factors. Despite the intensification of the study of this problem, insufficient attention is still paid to its regional aspect. The purpose of this work is a complex analysis of the recreational potential as the basic foundation for the formation of the tourist image of the modeling Bryansk region of Central Russia. Systemic, territorial, behavioral scientific approaches of research are applied. The main peculiarities of the structuring of the tourist image of the subject according to the cognitive model of spatial representations are highlighted. The characteristic features of the natural, cultural and historical, social and economic potentials of the territory affecting its basic geographical «layer» are revealed. The article considers the specificity of other «layers» and the importance of resources in their development for deepening the presentation of the region. The features of the regional identity in the tourist image through the perception

of it by the population are defined. The leading problems and directions of forming a positive image as an important element in the implementation of tourism policy are reflected.

Key words: tourism, tourist image, recreational potential, natural potential, cultural and historical potential, infrastructure, attractor, region

For citation: Kunitsa M.N. 2022. Recreational Potential as a Factor of Formation Tourist Image of the Territory: Features of Bryansk Region. *Regional Geosystems*, 46(4): 488–501 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-488-501

Введение

В современный период реализации государственной политики стимулирования внутреннего туризма в социально-экономическом развитии регионов усиливается значение данной сферы. Важным направлением этого процесса является становление и позиционирование туристского образа территории. Отражая особенности рекреационного потенциала дестинации, ее уникальные черты и одновременно – наиболее устойчивые представления о ней, он ориентирован на интенсификацию спроса, продвижения разработанного туристского продукта на рынки разных уровней. Особую роль в повышении эффективности туристской деятельности играет целенаправленно формируемый положительный образ – имидж.

Данное понятие – многоаспектно. Исследования туристских образов и брендинга регионов в контексте различных подходов проводили зарубежные (J.D. Hunt, F. Lawson, M. Baud-Bovy, E.J. Mayo, C.M. Echtner, J.B. Ritchie, P.C. Fakeye, J.L. Crompton, A. Beerli, J.D. Martin, W.C. Garther, S. Hosany, E. Marine-Roig, S.A. Clave и др.) и отечественные специалисты. Изучение туристского образа территории в настоящее время в России активизируется и осуществляется в рамках разных систем наук. Данная тематика представлена, в частности, в географических работах (Д.Н. Замятина, Н.Ю. Замятиной, Ф.Ю. Кайзера, О.А. Климановой, Г.Е. Мекуш, Е.В. Никаноровой, М.В. Гудковских, С.А. Гурова, В.А. Корцыгина, А.С. Стегниенко, Т.А. Ткачевой, В.В. Чихичина и др.), трудах по маркетингу туризма (В.С. Блаженковой, И.С. Важениной, Д.В. Визгалова, Е.А. Джанджугазовой, Е.В. Жертовской, А.Б. Жеруковой, А.П. Панкрухина, А.Э. Саак и др.). Выделяют несколько ведущих направлений исследований: особенностей восприятия территории разными сегментами туристов; источников становления и технологий продвижения имиджа; туристских образов дестинаций, предпосылок и атрибутов их формирования [Кайзер, Мекуш, 2020].

Важна роль изучения основы становления образа – рекреационного потенциала, который рассматривается в публикациях с различных теоретических и методических позиций. Выявлению специфики Брянской области Центральной России уделено еще недостаточное внимание, хотя проблематика актуальна в научном и практическом аспекте менеджмента туризма. Только некоторые работы являются тематическими [Куница и др., 2015; Куница, 2017]. В этой статье отражены результаты комплексного анализа рекреационного потенциала как фактора формирования и структуризации туристского образа территории Брянщины в контекстах когнитивной модели пространственных представлений, стадийности его развития и территориальных особенностей.

Объекты и методы исследования

Для реализации целей работы был проведен рекреационно-географический анализ. Объектом исследования являлся рекреационный потенциал как фактор формирования туристского образа территории Брянской области Центральной России. Типы информационных источников – интернет-ресурсы, литературные, фондовые открытого доступа, статистические, картографические. Ведущие научные подходы – системный, территориальный, поведенческий. В качестве основных применены методы анализа и синтеза, сравнительно-географический, социологический (опрос), картографирования.



Анализ включал несколько этапов. Первый – создание банка тематической информации о ресурсном потенциале (природном, культурно-историческом, социально-экономическом) модельной Брянской области как факторе формирования ее туристского образа. Второй – проведение анализа материалов разных сегментов информационных ресурсов поисковых систем Интернет (Yandex, Google) с ранжированием и географической генерализацией туристских представлений и объектов показа субъекта по их востребованности, структуре и стадийности развития. Третий – выявление особенностей рекреационного потенциала основного «слоя» – туристского «географического» образа области, его ядер, визуальных и ментальных символов. Четвертый – определение роли рекреационных ресурсов в становлении остальных «слоев» образа. Пятый – проведение опроса репрезентативных сегментов населения региона для выяснения их восприятия и предпочтений по теме «Туристский образ Брянской области». Шестой – выделение ведущих проблем, тенденций формирования позитивного имиджа в аспекте реализации туристской политики.

Результаты и их обсуждение

Туристский образ региона – многогранное понятие. Его научные интерпретации различны несмотря на базовую субъект-объектную основу. В зарубежных источниках он рассматривается в основном как: выражение всего объективного знания, предрассудков, воображения и эмоциональной мысли индивида или группы о конкретной территории [Lawson, Vaud-Vouy, 1977]; сумма убеждений, идей и впечатлений, которые ассоциируются у людей с дестинацией [Fakeye, Crompton, 1991; Beerli, Martin, 2004].

По определению Ф.Ю. Кайзера [2021] туристский образ региона – это представление человека о дестинации, основанное на его чувствах и эмоциях и первичных знаниях до и во время посещения территории, а также общего восприятия дестинации после ее посещения с последующей трансляцией этого восприятия. Среди разных точек зрения можно выделить трактовку туристского образа как системы «рационально и эмоционально сформированных представлений, в основе которой лежат специфические особенности территории, подчеркивающие ее индивидуальность с точки зрения массового туриста» [Климанова, Тельнова, 2008]. Отмечается его специфика в качестве визитной карточки территории, связь и отличие от географического образа, черты наглядности, узнаваемости, уникальности, широкого тиражирования на туристский рынок [Климанова, Шабалина, 2015]. Под целенаправленно создаваемым образом – имиджем – ряд ученых понимает целый комплекс ассоциативных представлений, соотносимый индивидом с регионом [Джанджугазова, Лапочкина, 2007].

Интерпретация структуры туристского образа неоднозначна. Некоторые авторы выделяют: элементы-представления о территории (ее местоположении, природных богатствах, истории, населении и культуре, экономике) [Чихичин, 2008]; элементы (природно-экологические и культурно-исторические рекреационные ресурсы, инфраструктуру, эмоциональные представления людей о территории) [Никанорова, 2009]; составляющие (географическую, социально-экономическую, историческую, этническую, культурную, психологическую, атрибутивную) [Кайзер, 2021].

Структуризация туристского образа в данной работе проведена в контексте когнитивной модели пространственных представлений. Его образуют 4 основные слоя-страты: «географических образов» – «локально-мифологический» – «региональной идентичности» – «культурных ландшафтов» как образа пространства локальных сообществ [Замятин, 2003].

Туристский образ выделяется динамичностью. Процесс его развития включает следующие этапы: зарождения на начальной стадии туристского освоения территории; целенаправленного формирования на стадии продвижения региона; фиксации в сознании на пике популярности на стадии зрелого развития дестинации; угасания при снижении ее популярности [Никанорова, 2009]. При реализации политики ребрендинга территории начинается новый цикл становления ее туристского образа.

Его развитие происходит под влиянием комплекса внешних и внутренних факторов. Особую роль играют следующие группы. Первая – экономико-географическое положение, а также рекреационный потенциал территории. Он рассматривается как совокупность природных, культурно-исторических и социально-экономических предпосылок для организации рекреационной деятельности на определенной территории [Николаенко, 2003]. Эти факторы образуют основу представления о регионе. Вторая группа – исторически сложившийся географический образ территории. Третья группа – интернет-ресурсы, которые становятся одним из ведущих каналов возникновения интереса к дестинации, становления и позиционирования образа в туристской среде. Четвертая группа – системы менеджмента и маркетинга, формирующие и продвигающие имидж на туристский рынок. Он отождествляется со сложившимися мнениями о возможностях использования рекреационного потенциала производителями и потребителями туристских услуг. Производители оценивают его конкурентные преимущества, потребители – потенциальную привлекательность (неповторимость, выразительность, узнаваемость, известность, информативность, динамизм и др.). Во время тура у путешественника происходит наложение возникшего ранее и получаемого представлений, что часто влияет на изменение образа. Пятая группа – субъективные факторы индивидуального восприятия, в значительной степени определяющие неосознаваемый образ. Сложное воздействие групп факторов обуславливает закрепление или трансформацию первичного образа.

Рекреационный потенциал как фактор формирования туристского образа Брянской области. Это – староосвоенный, длительно приграничный регион с довольно контрастным природным, гетерогенными культурным и социально-экономическим потенциалами, влияющими на структуру его рекреационных ресурсов и многослойность образов. Они, как своеобразные коды, несут определенную информацию о территории. В ее пределах, в зависимости от стадии развития туристской деятельности, формируется комплекс образов. Он включает центральный, концентрирующий природные, социально-экономические, политические, культурные особенности региона, а также вторичные и поддерживающие с их знаковыми местами [Замятин, 2003]. Они раскрываются через систему символов, в разной степени отражающих специфику района.

Влияние рекреационного потенциала на формирование туристского образа дестинации многоаспектно. Алгоритм данного процесса: потенциал → его эталонные и уникальные комплексы и объекты → включенные в туристскую деятельность комплексы и объекты → знаковые места (ядра, фокусы, локусы и др.) как географические «концентраторы» информации об их особенностях → их визуальные, ментальные и духовные символы → индивидуальные и групповые ассоциации → индивидуальные и групповые представления → комплекс туристских образов.

Наиболее активно воздействие рекреационного потенциала проявляется при формировании первого «слоя» пространственных представлений – туристского «географического образа».

Приграничная Брянская область Центральной России – регион Южного Нечерноземья. Своеобразие ее природного потенциала во многом определяется равнинным характером территории, умеренно-континентальным климатом, хорошей водной обеспеченностью, контрастным сочетанием хвойных, смешанно-, широколиственно-лесных и лесостепных комплексов. Традиционно регион ассоциировался с Лесным краем, что, в частности, отражено в многочисленных топонимах (Дебрянск, Белая Березка, Липовка и др.). Лесами и сейчас покрыто более трети территории.

Уникальные природные комплексы – естественная основа формирования туристского образа «Брянский лес». В ландшафтно-рекреационном районировании области представлены два округа – доминирующий Брянский хвойно-широколиственный и Брянский лесостепной, которые подразделяются на 5 групп и 29 районов [Природные ресурсы..., 2007]. Сохранившийся лесной потенциал сконцентрирован в первом округе, двух группах его районов: аллювиально-зандровых равнин (Деснянский), полесий и предполесий (Ветьма-Деснянский, Карачево-Навлинский, Надвинско-Ипутский и др.). Наиболее крупные массивы леса расположены на левобережье р. Десны, значительные – на западе области, в бассейне Ипути, есть ареалы по



левого берега р. Судости. Эталонные природные комплексы – 130 особо охраняемых природных территорий (ООПТ) [Информационно-аналитическая система ..., 2022]. Преобладают памятники природы (85 %) при намного меньшей доле заказников (9 %), дендрологических парков и ботанических садов (5 %), заповедников (1 %). Доминируют объекты регионального ранга. Большинство из них отражают специфику равнинных хвойных, смешанно-, широколиственно-лесных ландшафтов, однако только часть выступает важными маркерами туристского образа (см. рисунок).

Ядром образа (знаковым местом первого порядка – максимально репрезентативным и информативным) является ООПТ федерального уровня – Государственный биосферный заповедник «Брянский лес» как основа биосферного резервата «Неруссо-Деснянское Полесье» [Заповедник «Брянский лес», 2022]. Этот паспортизированный, активно продвигаемый в интернет-среде объект, несмотря на законодательные ограничения посещения, наиболее аттрактивен для путешественников. Знаковые места второго порядка (фокусы – концентраторы свойств и информации) – Государственный природный заказник «Клетнянский», паспортизированные туристские объекты «Подивотское Полесье» на платформе охотничьего хозяйства и интегрального туристско-рекреационного комплекса в форме народного парка имени Е.Ф. Зябловского», «Дорога в Брянский лес» на платформе Музея территорий природного и историко-культурного наследия Брянского лесного массива и его ближнего окружения», «Ревнинско-Навлинское Полесье» на платформе Музея партизанской славы в Навле, «Трубчевское Подесенье» на платформе МБУК «Трубчевский музей и планетарий», «Кордон Романовых» на платформе «СКБ «Кукуевка» [Межрегиональный туристский проект..., 2020], также представленные в сетевом пространстве. Менее аттрактивны еще 13 ООПТ (комплексный заказник «Деснянско-Жеренский», лесной заказник имени Г.Ф. Морозова, памятники природы «Озеро Круглое и партизанский лес» и др.). Локусы образа – некоторые ООПТ городов, в частности, лесопарковая зона Соловьи, дендрологический парк и ботанический сад имени Б.В. Гроздова в Брянске.

Туристский образ «Брянский лес» – формирующийся, является вторичным с выраженной природно-географической локализацией. На его становление «работают» маршруты, число которых увеличивается. Этому будет содействовать и реализация регионального туристско-рекреационного профиля «Путешествие по территориям природного и историко-культурного наследия Брянского лесного массива и его ближнего окружения», включающего 10 участков Подесеня, междуречных и полесских территорий [Межрегиональный туристский проект..., 2020]. Для усиления данного образа необходимы сохранение ландшафтов знаковых мест, активизация туристской паспортизации наиболее репрезентативных объектов и их информационного позиционирования, улучшение туристской, особенно транспортной инфраструктуры. Создание и продвижение его как бренда – одна из задач развития туризма в субъекте [Стратегия социально-экономического ..., 2022].

Центральный туристский образ Брянской области – «Край партизанской и воинской славы». Он достаточно четко фиксируется в сознании местных жителей, потенциальных, виртуально и реально посетивших регион путешественников. Этому способствуют сложная история развития длительно приграничной Брянщины, проведение государственной и региональной военно-патриотической политики, сложившийся менталитет населения, активизация продвижения в туристском пространстве знаковых мест, отражающих героизм и трагедию военного времени. Базовый потенциал образа – события Великой Отечественной войны, их визуальные и ментальные символы. Активные боевые действия в регионе велись Красной Армией, сдерживающей в 1941 году наступление фашистов на Москву, освобождающей его в 1943 году. Территория Лесной Брянщины стала крупным партизанским краем, где с врагами сражались более 60 тыс. бойцов [Дандыкин, 2000]. В субъекте память об этом периоде отражает 941 объект культурного наследия, часть из которых размещена в ООПТ [Перечень объектов..., 2022]. История таким образом определила выраженную связь двух образов области – «Брянского леса» и «Края партизанской и воинской славы».

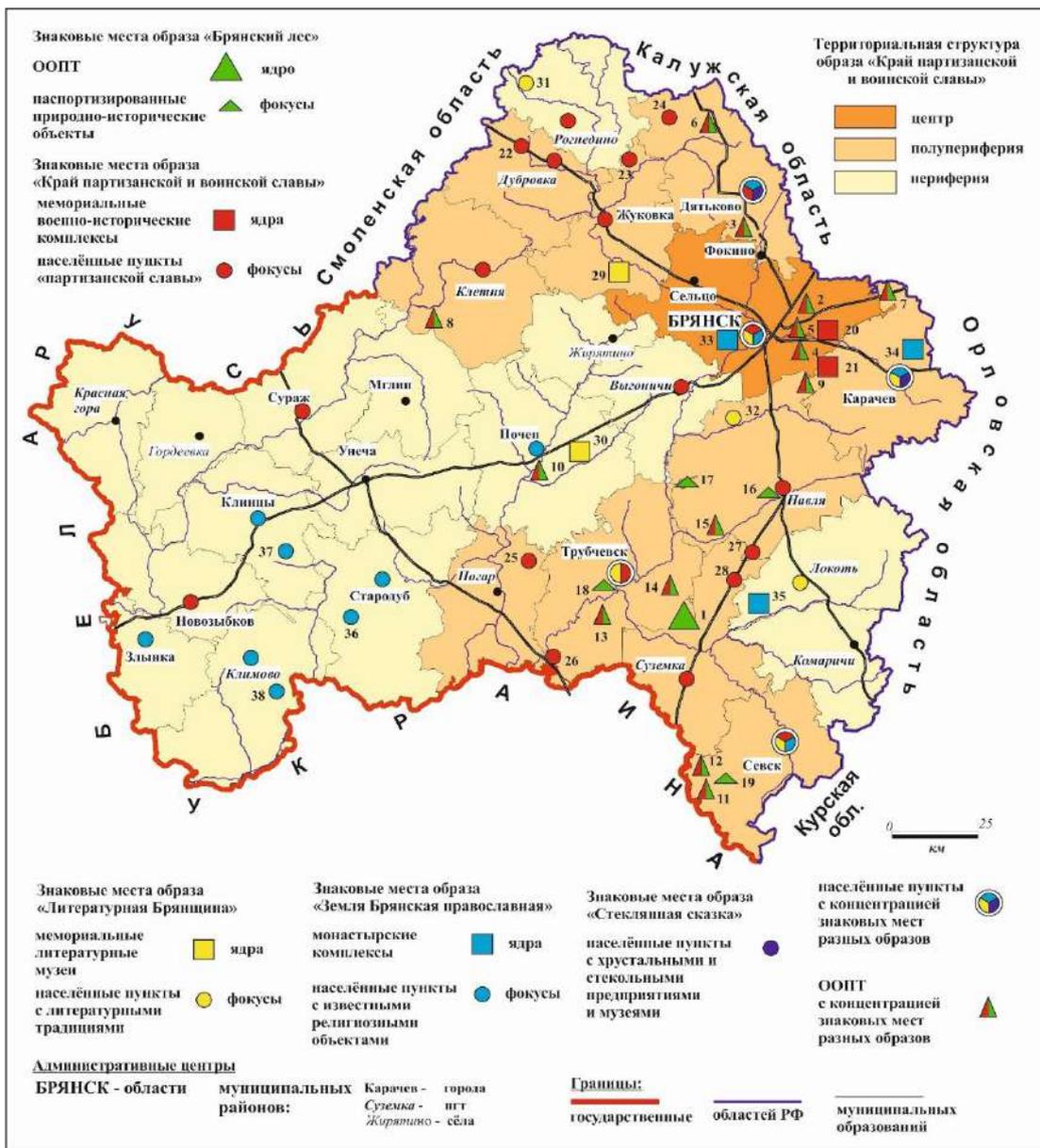


Рис. Территориальная структура основных знаковых мест рекреационного потенциала туристских образов Брянской области

Fig. The territorial structure of the main iconic places of recreational potential of tourist images of the Bryansk region

Особо охраняемые природные территории с природными объектами: 1 – заповедник «Брянский лес»; особо охраняемые природные территории с природными и военно-историческими объектами: 2 – Медвежьи печи, 3 – Озеро Круглое и партизанский лес, 4 – Памятный лес, 5 – Лесной заказник имени Г.Ф. Морозова, 6 – Партизанские топи, 7 – Ресета, 8 – заказник «Клетнянский» с Клетнянским партизанским лесом, 9 – Берёзовка, 10 – Мемориальный лес, 11 – Хинельский лес, 12 – Подывотские дубравы, 13 – Деснянско-Жеренский, 14 – Трубчевский партизанский лес, 15 – Партизанский дуб; паспорттизированные природно-исторические объекты: 16 – Ревнинско-Навлинское полесье, 17 – Кордон Романовых, 18 – Трубчевское Подесенье, 19 – Подивотское полесье

Мемориальные военно-исторические комплексы: 20 – МК «Партизанская поляна», 21 – МК «Хапунь»; населенные пункты «партизанской славы»: 22 – Сеца, 23 – Матреновка, 24 – Бытошь, 25 – Карбовка, 26 – Белая Березка, 27 – Алтухово, 28 – Кокоревка

Мемориальные литературные музеи: 29 – музей-заповедник Ф.И. Тютчева, 30 – музей А.К. Толстого; населенные пункты с литературными традициями: 31 – Тюнино, 32 – Ревны

Монастырские комплексы: 33 – Свенский Успенский мужской монастырь, 34 – Николо-Одрин женский монастырь, 35 – Площанская Казанская мужская пустынь; населенные пункты с известными религиозными объектами: 36 – Елионка, 37 – Великая Топаль, 38 – Новый Ропск



Его структура обусловлена ресурсными возможностями и спецификой развития военно-патриотического туризма. Гетерогенный комплекс основных знаковых мест включает населенные пункты, мемориальные, культурно-исторические и природные объекты (см. рис.).

Ядрами образа «Край партизанской и воинской славы» являются паспортизированные туристские объекты, включенные в маршруты и активно продвигаемые в информационном пространстве. Это – крупнейший в стране тематический «Мемориальный комплекс «Партизанская поляна», уникальный для России Мемориальный комплекс «Хацунь», представляющий трагедию жителей одной деревни как символ уничтоженных фашистами поселений. Они востребованы туристами. Однако для стимулирования посещения и, следовательно, закрепления образа необходимо улучшение их транспортной доступности. Присвоение Брянску почетного звания Российской Федерации «Город воинской славы» усилило его роль как ядра образа с культурно-историческими символами – площадью Партизан, Курганом Бессмертия), многими памятниками-локусами, среди которых выделяются монументы представителям воинских «профессий» (артиллеристам, военным журналистам, воинам-водителям, летчикам, медикам, танкистам и др.) [Куница, 2017].

Знаковые места других порядков разнотипны. Уникальный тип – населенные пункты Брянской области, которые удостоены почетного звания «партизанская слава». В настоящее время в субъекте насчитывается 35 поселений данной категории (6 городов, 13 поселков, 8 сел, 8 деревень) [Интернет-проект..., 2022]. Часть их является центрами туристских маршрутов, представлена в сетевом пространстве и поддерживает образ «Край партизанской и воинской славы», остальные формируют потенциал развития военно-патриотического туризма и закрепления имиджа. Знаковые места второго порядка – город Дятьково как центр северного партизанского края на Брянщине, поселки Навля с музеем партизанской славы и Сеща с музеем интернационального подполья, некропольные мемориальные комплексы Карбовка и Матреновка, потенциальные фокусы – еще 14 населенных пунктов. К знаковым местам третьего порядка с локусами – памятниками и музеями относится менее половины поселений этой категории.

Особый тип – ООПТ с культурно-историческим наследием военного периода. Мемориальный статус придан местам базирования и интенсивных боевых действий Красной Армии и партизанских отрядов, захоронениям жертв фашизма в пределах 14 особо охраняемых природных территорий области. Активность их использования как объектов показа, обусловленная правовым статусом, аттрактивностью и транспортной доступностью, влияет на «статус» в туристском образе. Выделяют три профиля включения культурных ландшафтов в туризм: «партизанское движение» (57 % ООПТ), «мемориальный» (29 %) и «воинская слава» (14 %) [Куница, Гаврютина, 2022]. Знаковые места второго порядка центрального образа – Мемориальный комплекс федерального значения «Базовая стоянка партизанского отряда А.И. Виноградова» (ООПТ «Озеро Круглое и партизанский лес») и микротуристский кластер «Вокруг партизанского дуба», третьего – остальные 12 ООПТ. Важно стимулирование их информационного сопровождения.

Для усиления в развитии данного образа роли еще одного типа – локусов-музеев – также необходима активизация их представления в интернет-сети. В регионе функционирует 20 музеев, посвященных периоду Великой Отечественной войны [Культура.рф, 2022]. Большое значение имеет Брянский государственный краеведческий музей с 13 филиалами в 11 муниципальных районах области. Школьные музеи «работают» на закрепление патриотического образа у молодого поколения. Важный тип – многочисленные объекты культурного наследия Великой Отечественной войны (мемориалы, памятники, захоронения и др.) в поселениях и лесных массивах. Однако только часть из них включена в туризм в качестве локусов, а для вовлечения новых необходима их реконструкция и улучшение транспортной доступности.

Продвижению имиджа способствуют событийные мероприятия, посвященные воинской славе России, ее Брянской области (международный фестиваль «Партизанскими тропами

Брянщины», День партизан и подпольщиков, День освобождения Брянска от немецко-фашистских захватчиков, День памяти и скорби в деревне Хацуни и др.), реализация многих маршрутов (межрегионального «Цена победы: война на западном направлении», «По следам одной из крупнейших партизанских диверсий Великой Отечественной войны – взрыва Синего (Голубого) моста 7–8 марта 1943 года», «Партизанскими тропами Брянщины», «Интернациональное подполье и авиация», военно-исторических Центра детского и юношеского туризма и экскурсий и др.) [Департамент культуры..., 2022; Официальный туристический..., 2022]. Закрепление образа на региональном и местном уровнях стимулирует не только организованный, но и активизирующийся самодеятельный туризм. Духовный символ региона – песня на слова А.В. Софронова и музыку С.А. Каца «Шумел сурово брянский лес...», ставшая гимном области. Выражена пространственная дифференциация образа «Край партизанской и воинской славы»: его ядро – «концентратор» наиболее важных, устойчивых, аттрактивных знаковых мест и символов, полупериферия с важными знаковыми местами и символами, периферия с потенциально значимыми знаковыми местами и символами (см. рис.).

Многогранно творческое наследие территории. Согласно одному из вариантов географического районирования Европейской России Брянская область и еще 6 субъектов средней полосы выделены в особый Литературный край [Зырянов, 2021]. С регионом связаны жизненные этапы выдающихся писателей и поэтов – Ф.И. Тютчева, А.К. Толстого, А.А. Перовского, П.Л. Проскурина, а также его знаменитых уроженцев, в частности, И.В. Абрамова, Н.М. Грибачева, Н.И. Рыленкова. Здесь бывали И.С. Тургенев, Л.Н. Толстой, А.А. Фет, Д.Л. Андреев, К.Г. Паустовский и другие талантливые личности. Плеяда брянских литераторов (В.Д. Динабургский, А.Г. Мехедов, В.Е. Сорочкин, В.К. Соколов, Я.Д. Соколов и др.) создала запоминающиеся художественные образы этой земли.

Богатое литературное наследие – фактор формирования туристского образа «Литературная Брянщина». Его ядра – российские и областные аттракторы, информационно «продвинутые» паспортизированные туристские объекты – «Государственный мемориальный историко-литературный музей-заповедник Ф.И. Тютчева «Овстуг» и Литературно-мемориальный музей А.К. Толстого в с. Красный Рог. В структуру культурных ландшафтов этих усадебных комплексов включены: в с. Овстуг – Дом-музей Ф.И. Тютчева с парком, художественно-краеведческий музей, школа М.Ф. Бирилевой, церковь Успения Пресвятой Богородицы и иные объекты, в с. Красный Рог – дом с экспозицией единственного в России музея А.К. Толстого, мемориальный флигель, парк со старинными аллеями. Различные экскурсионные маршруты усиливают роль данных ядер. Знаковыми местами второго порядка можно назвать Трубчевск с его литературными традициями и населенные пункты с важными событийными мероприятиями.

Для формирования туристского образа важны тематические праздники и фестивали как духовные символы. Самые известные – всероссийские праздники поэзии, посвященные творчеству Ф.И. Тютчева («Родник поэзии твоей...») и А.К. Толстого («Серебряная лира»), межрегиональные – праздник славянской письменности и культуры («На земле Бояна» в г. Трубчевске), фестивали «Деснянский хоровод», «Севская частушка». Региональные представлены, в частности, литературным фестивалем «Мехедовские чтения» в г. Карачеве, праздником поэзии им. Н.И. Рыленкова в с. Тюнино, литературным праздником «Липовый цвет» в с. Ревны, посвященным К.Г. Паустовскому, фестивалем «Под сенью Брасовских аллей», проектом «Литературное рандеву» [Брянская областная общественная..., 2022; Департамент культуры..., 2022]. Становлению образа способствуют межрегиональные культурно-познавательный проект «Русские усадьбы» и маршрут «Бриллиантовая россыпь имен», региональные туры «Литературное наследие Брянского края», «Продлись, продлись очарованье...», «Овстуг – жемчужина Брянской области», «На родину Бояна» и другие [Департамент культуры..., 2022; Межрегиональный туристский проект ..., 2022].

Туристский образ «Литературная Брянщина» является формирующимся, вторичным и пока базируется на небольшом количестве знаковых мест (см. рис.). Недостаточное число аттракторов, ограниченность информационного позиционирования довольно многочисленных



событийных мероприятий лимитируют его ментальное закрепление у местного населения и туристов. Выраженный позитивный фактор – активизация современной литературной жизни Брянщины. Многовековая история православной культуры, сакральное наследие, функционирование значимых и посещаемых религиозных комплексов на территории области способствуют зарождению туристского образа «Земля Брянская православная». С регионом связаны жизнь и деяния таких русских святых, как Роман, Олег и Поликарп Брянские, Александр Пересвет, Лев Оптинский, Тихон Карачевский, Василий Площанский и других подвижников [Брянская епархия..., 2022]. В субъекте расположено 162 культовых памятника федерального и преобладающего регионального уровней [Брянская епархия..., 2022; Брянский областной центр..., 2022]. Однако именно федеральные объекты являются базовыми в развитии религиозного туризма (см. рис.).

Ядрами православного туристского каркаса и образа выступают монастыри, храмы и церкви, представленные в информационном пространстве, входящие в маршруты. Концентрацией аттракторов отличается Брянск (Петро-Павловский епархиальный женский монастырь, Горно-Никольский мужской монастырь, кафедральный собор во имя Святой Троицы, Покровский собор, Церкви Воскресения Христова, Тихвинская и др.). В его пригороде находится один из древнейших центров русской духовности, уникальный памятник архитектуры – Свенский Успенский мужской монастырь, основанный в XIII веке и прошедший сложный исторический путь [Свод памятников..., 1998]. Его имиджевая роль усиливается паломничеством и возобновлением Свенской ярмарки. Важные ядра – Площанская Казанская мужская пустынь, Николо-Одрин женский монастырь. Фокусами являются города со сосредоточением православных объектов – Карачев, Севск, с необычными достопримечательностями – Дятьково с Храмом в честь иконы Божьей Матери Неопалимая Купина с хрустальным иконостасом, Почеп, Стародуб. Важны центры с чудотворными иконами.

Особенность Брянского края – развитие старообрядчества с начала XVIII века (в основном на юго-западе). Сохранилось 17 старообрядческих храмов, 11 из которых действующие [Храмы России, 2022]. Знаковые места-фокусы с церквями – города Злынка, Клинцы, Новозыбков, поселок Климово, село Елионка Стародубского района, однако их туристскую востребованность лимитирует еще не полностью преодоленный «чернобыльский» имидж данного региона и неактивное информационное продвижение объектов.

Для православного образа важны событийные мероприятия. Наиболее значимы областные фестивали искусств и народного творчества «Рождественские встречи» и «Светлая седмица», фестиваль «Мудрость православия – в традициях славянских». Многочисленны церковные праздники, выставки, концерты. Укрепление зарождающегося туристского образа «Земля Брянская православная» базируется на политике Русской Православной Церкви по стимулированию паломничества, повышению познавательного интереса населения к религиозным знаковым местам, развитию инфраструктуры, достаточно высоком уровне информационной презентации церковных объектов-символов.

Сложились предпосылки зарождения регионального туристского образа «Стеклянная сказка». Процесс локализован в пределах Брянского туристско-рекреационного района (см. рис.). Главным ядром, востребованным, хорошо представленным в сети Интернет, является развивающийся туристский кластер «Хрустальный город» в Дятьково, основные элементы которого – Дятьковский хрустальный завод, Музей дятьковского хрусталя, храм «Неопалимая Купина», Поклонный хрустальный крест, торгово-досуговый комплекс [Муниципальное образование..., 2022]. Второе ядро – Карачевская фабрика елочных игрушек с менее выраженной ролью вследствие сезонности работы и недостаточного продвижения в информационном пространстве. Для становления этого поддерживающего образа значимы активизация его позиционирования в туристской среде, расширение тематических маршрутов для населения области и соседних субъектов.

Важный фактор формирования туристских образов – социально-экономический. Особенности демографической структуры населения, сети расселения, качества жизни,

культурной среды, менталитета влияют на диапазон рекреационных предпочтений жителей и становление имиджа. Область в целом характеризуется среднеразвитой туристской инфраструктурой. Индустрия размещения ориентирована на удовлетворение потребностей разных категорий путешественников. Система питания со значительным видовым разнообразием способна удовлетворить потребности туристов. Учреждения досуга, за исключением музеев, не нацелены на приезжих. Характерна территориальная дифференциация инфраструктуры. В Брянске сконцентрирована почти половина ее предприятий, вторая в основном сосредоточена в его пригородной зоне и в центрах административных образований. Наиболее проблемная ситуация сложилась на периферии.

Второй «слой» туристского образа – локально-мифологический. Он реализуется через формирование образно-географических «цепочек», элементами которых могут быть исторические или мифологические события, биографии выдающихся людей, виртуальные личности. Для закрепления образа необходима их сюжетно-территориальная привязка, отождествление со знаковыми местами. В области не сложился выраженный мифологический имидж, но есть его отдельные визуальные и духовные символы. Так, некоторые легенды и предания акцентируют образы «Брянский лес» (опорные точки: карстовые озера в лесах – Святое, Круглое и др.), «Литературная Брянщина» (памятник древнерусскому поэту-певцу Бояну в Трубчевске), «Земля Брянская православная» (Свенский Успенский монастырь). Однако они сейчас практически не влияют на привлекательность региона.

Становление третьего «слоя» – интеграции особенностей культурных ландшафтов в туристский образ – в настоящее время еще неактивно. Оно осуществляется через туристский ландшафт, соединяющий естественную основу и связанную с туристской деятельностью искусственную составляющую и включающий планировочный, визуальный и образно-символический ландшафты [Калуцков, 2008]. Сейчас этот процесс довольно четко реализуется в образе «Край партизанской и воинской славы». В пространстве беллигеративных ландшафтов обычно выделяются памятные места и объекты как арена событий, памятники-свидетельства (фортификации) и памятные знаки (монументы и др.), иные объекты наследия и элементы современной инфраструктуры [Горбунов, 2004; Новиков, 2020]. В Брянской области они представлены на территории 14 ООПТ с военно-исторической составляющей. Усадебные комплексы как культурные ландшафты – знаковые места образа «Литературная Брянщина», аттракторами которых являются «Государственный мемориальный историко-литературный музей-заповедник Ф.И. Тютчева «Овстуг» и литературно-мемориальный музей А.К. Толстого в с. Красный Рог. Многочисленны парковые комплексы населенных пунктов. Однако только часть их участвует в формировании образов. Значима интенсификация выявления знаковых мест культурных ландшафтов как достопримечательностей.

Для «кристаллизации» туристских образов важен четвертый «слой» – региональной идентичности. Он обусловлен особенностями рекреационного потенциала территории, ведущими событиями в ее развитии, менталитетом социума. Постоянное население субъекта выступает носителем «внутреннего» образа, временно проживающий контингент – интегрированного на основе «внутренних» и «внешних» представлений. Для выявления специфики региональной идентичности в туристском образе Брянщины был применен метод опроса в форме анкетирования, проведенного в социальных сетях. Тематика – «Туристские образы Брянской области». По мнению респондентов, доминирующий образ – «Край партизанской и воинской славы», несколько уступает ему «Брянский лес», менее значима «Литературная Брянщина», незначительно представлены «Стебрянная сказка» и «Земля Брянская православная». Особо выделены среди знаковых мест центрального образа – мемориальный комплекс «Партизанская поляна», Курган Бессмертия и площадь Партизан в Брянске, «Брянского леса» – ООПТ «Биосферный заповедник «Брянский лес», «Озеро Круглое и партизанский лес», «Литературной Брянщины» – мемориальный историко-литературный музей-заповедник Ф.И. Тютчева «Овстуг», литературно-мемориальный музей А.К. Толстого и их духовные символы-памятники, «Стебрянной сказки» – Дятьковский хрустальный завод и Музей дятьковского хрусталя,



Карачевская фабрика елочных игрушек, «Земли Брянской православной» – Свенский Успенский мужской монастырь и Брянский кафедральный собор. Информацией о маршрутах, соединяющих ядра-символы, владеет менее половины жителей. Актуальность создания положительного образа области подтверждается мнением большинства опрошенных. Ведущими направлениями этого процесса они считают модернизацию инфраструктуры, активизацию позиционирования дестинаций на туристском рынке. Результаты опроса акцентируют необходимость стимулирования в региональных туристском менеджменте и маркетинге деятельности по созданию позитивного туристского имиджа.

Заключение

Сформированный туристский образ – важный элемент продвижения региона в геокультурном пространстве страны. Среди факторов его генерирования базовое значение имеет рекреационный потенциал территории. Староосвоенная Брянская область отличается контрастностью природных, гетерогенностью культурно-исторических ресурсов, среднеразвитой инфраструктурой, влияющими на композицию образов.

Наиболее активно воздействие рекреационного потенциала проявляется при становлении туристского «географического образа» территории. В современный период регион выделяется одним фиксированным в сознании населения образом – «Край партизанской и воинской славы» (ядра – мемориальные комплексы «Партизанская поляна» и «Хацунь», Брянск, фокусы – ряд «населенных пунктов партизанской славы», ООПТ и др.). Это – исторический бренд субъекта. К формирующимся образам относятся «Брянский лес» (ядро – биосферный заповедник «Брянский лес», фокусы – паспортизированные природные объекты, часть ООПТ) и «Литературная Брянщина» (ядра – мемориальный музей-заповедник Ф.И. Тютчева «Овстуг», литературно-мемориальный музей А.К. Толстого, фокусы – центры с литературными традициями), к зарождающимся – «Стеклянная сказка» (ядра – Дятьково с хрустальным заводом и музеем, Карачев с фабрикой елочных игрушек) и «Земля Брянская православная» (ядра – Брянск, Свенский Успенский мужской монастырь, Плещанская Казанская мужская пустынь, Николо-Одрин женский монастырь, фокусы – центры со сосредоточением или наличием уникальных религиозных объектов). Выраженный мифологический имидж не сложился, а его отдельные визуальные и духовные символы практически не влияют на привлекательность области. Процесс интеграции культурных ландшафтов в ментальные представления в настоящее время в целом неактивен и относительно значим только для «Края партизанской и воинской славы». Анализ специфики региональной идентичности отразил структуризацию туристского образа Брянской области.

Основными проблемами становления положительного имиджа являются недостаточное внимание к научно-методической разработке образно-географической модели туристского пространства региона, территориальная дискретность и невыраженная аттрактивность части природных и культурно-исторических объектов-символов, контрастный с доминированием невысокого уровня развития туристской инфраструктуры на полупериферии и периферии, не преодоленный полностью «чернобыльский» имидж юго-запада субъекта, отсутствие целенаправленной системы маркетингового позиционирования образов территории. В структуру комплекса формирования и продвижения позитивного образа кроме направлений, определяемых ведущими проблемами, важно включить стимулирование образовательно-просветительного (совершенствование подготовки и переподготовки профильных кадров, «укрепление» региональной идентичности населения), мотивационного (создание материальной заинтересованности и духовной потребности в развитии туризма в субъекте), социально-психологического направлений (акцентирование ценностной ориентации личности на популяризацию, сохранение и ответственное использование рекреационного потенциала). Разработка и внедрение имиджевых стратегий – необходимое звено реализации региональной туристской политики.

Список источников

- Брянская Епархия. Электронный ресурс. URL: <https://bryansk-eparhia.ru> (дата обращения: 11.07.2022).
- Брянская областная общественная писательская организация союза писателей России. Электронный ресурс. URL: <https://slovo32.ru> (дата обращения: 04.06.2022).
- Брянский областной центр историко-культурного наследия. Электронный ресурс. URL: <https://centrikn32.ru> (дата обращения: 18.06.2022).
- Департамент культуры Брянской области. Электронный ресурс. URL: <http://kultura32.ru> (дата обращения: 22.05.2022).
- Заповедник «Брянский лес». Электронный ресурс. URL: <http://www.bryansky-les.ru> (дата обращения: 18.05.2022).
- Информационно-аналитическая система «ООПТ России». Электронный ресурс. URL: <https://oopt.aari.ru> (дата обращения: 18.05.2022).
- Интернет-проект «Партизанское движение на Брянщине». Электронный ресурс. URL: <https://old.bryanskobl.ru/projects/partisan/index.php> (дата обращения: 03.05.2022).
- Культура.рф. Электронный ресурс. URL: <https://www.culture.ru> (дата обращения: 04.06.2022).
- Межрегиональный туристский проект «Западный фасад России». Электронный ресурс. URL: <https://westfacad.ru> (дата обращения: 10.06.2022).
- Межрегиональный туристский проект «Западный фасад России». 2020. Науч. ред. В.М. Котляков. Смоленск, Свиток, 240 с.
- Муниципальное образование «Дятьковский район». Электронный ресурс. URL: <http://admindtk.ru> (дата обращения: 02.07.2022).
- Официальный туристический портал Брянской области. Электронный ресурс. URL: <http://turizm-bryansk.ru> (дата обращения: 26.05.2022).
- Перечень объектов, включенных в Единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) Российской Федерации. Электронный ресурс. URL: <https://ohrana-naslediya.ru> (дата обращения: 15.07.2022).
- Свод памятников архитектуры и монументального искусства России: Брянская область. 1998. М., Наука, 640 с.
- Стратегия социально-экономического развития Брянской области на период до 2030 года. Электронный ресурс. URL: <http://www.econom32.ru/activity/strategicheskoe-planirovanie/strategiya/> (дата обращения: 29.07.2022).
- Храмы России. Электронный ресурс. URL: <https://temples.ru> (дата обращения: 03.08.2022).

Список литературы

- Горбунов А.В. 2004. Ландшафт полей сражений: генезис, структура, развитие. В кн.: Культурный ландшафт как объект наследия. Под ред. Ю.А. Веденина, М.Е. Кулешовой. М., СПб., Дмитрий Буланин: 230–245.
- Дандыкин Т.К. 2000. Во имя павших и живых: партизанская борьба на Брянщине 1941–1945 гг. Брянск, Придесенье, 255 с.
- Джанджугазова Е.А., Лапочкина В.В. 2007. Маркетинговые методы формирования имиджа туристских территорий (на примере Смоленской области). Современные проблемы сервиса и туризма, 2: 39–49.
- Замятин Д.Н. 2003. Гуманитарная география: пространство и язык географических образов. СПб., Алетея, 331 с.
- Зырянов А.И. 2021. Районирование научное и народное. В кн.: Современная Россия: географическое описание нашего Отечества. Европейская Россия и Урал: в 2 кн. Кн. 2. Регионы Европейской России и Урала. Под ред. В.М. Котляков, А.И. Зырянов. М., Паулсен: 14–18.
- Кайзер Ф.Ю., Мекуш Г.Е. 2020. Туристский образ территории: проблемы дефиниции, подходы и методы исследования, структурно-функциональные особенности. Учёные записки Крымского федерального университет имени В. И. Вернадского. География. Геология, 6(3): 70–93.
- Кайзер Ф.Ю. 2021. Экономико-географические особенности формирования туристского образа территории (на примере Кемеровской области – Кузбасса). Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Иркутск, 24 с.



- Калуцков В.Н. 2008. К разработке понятия «туристский ландшафт». В кн.: Туризм и рекреация: фундаментальные и прикладные исследования. Труды III международной научно-практической конференции, Москва, 24–25 апреля 2008, М., Советский спорт: 91–93.
- Климанова О.А., Тельнова Н.О. 2008. Природный и историко-культурный потенциал региона как основа формирования туристского образа территории. Современные проблемы сервиса и туризма, 4: 49–55.
- Климанова О.А., Шабалина Н.В. 2015. Географические аспекты туристского страноведения. В кн.: География туризма. Под ред. А.Ю. Александровой. М., КНОРУС: 306–313.
- Куница М.Н. 2017. Туристский образ крупного города: особенности и роль в региональном менеджменте туризма. Региональные исследования, 1(55): 110–118.
- Куница М.Н., Гаврютина Н.Л. 2022. Военно-патриотический туризм: общероссийские тенденции и особенности регионального развития. Вестник Воронежского государственного университета. География. Геоэкология, 2: 60–70. DOI: 10.17308/geo.2022.2/9311
- Куница М.Н., Лобанов Г.В., Гаврютина Н.Л. 2015. Информационные ресурсы формирования туристского образа региона. В кн.: География и регион. Материалы международной научно-практической конференции. Пермь, 23–25 сентября 2015. Пермь, Издательство ПГНИУ: 212–218.
- Никанорова Е.В. 2009. Формирование туристского образа территории (на примере Ростовской области). Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 24 с.
- Николаенко Д.В. 2003. Рекреационная география. М., ВЛАДОС, 279 с.
- Новиков В.П. 2020. Ландшафтный подход в сохранении наследия Великой Отечественной войны в национальном парке «Угра». Наследие и современность, 3(4): 73–92.
- Природные ресурсы и окружающая среда субъектов Российской Федерации. Центральный федеральный округ: Брянская область. 2007. Под ред. Н.Г. Рыбальского, Е.Д. Самотесова, А.Г. Митюкова. М., НИИ-Природа, 1144 с.
- Чихичин В.В. 2008. Рекреационно-географический образ региона: понятие и методика исследования (на примере Ставропольского края). Проблемы региональной экологии, 5: 157–163.
- Beerli A., Martín J.D. 2004. Factors Influencing Destination Image. Annals of Tourism Research, 31(3): 657–681. DOI: 10.1016/j.annals.2004.01.010.
- Fakeye P.C., Crompton J.L. 1991. Image Differences Between Prospective, First-Time, and Repeat Visitors to the Lower Rio Grande Valley. Journal of travel research, 30(2): 10–16. DOI: 10.1177/00472875910300.
- Lawson F., Baud-Bovy M. 1977. Tourism and recreation development. A handbook of physical planning. London, The Architectural Press, 210 p.

References

- Gorbunov A.V. 2004. Landshaft poley srazheniy: genezis, struktura, razvitie [Battlefield landscape: genesis, structure, development]. In: Kul'turnyy landshaft kak obiekt naslediya [Cultural Landscape as a Heritage Site]. Ed. by Yu.A. Vedenin, M.E. Kuleshova. Moscow, Saint Petersburg, Publ. Dmitriy Bulanin: 230–245.
- Dandykin T.K. 2000. Vo imya pavshih i zhivyh: partizanskaya bor'ba na Bryanshchine 1941–1945 gg. [In the Name of the Fallen and the Living: Partisan Struggle in the Bryansk Region 1941–1945]. Bryansk, Publ. Pridesen'e, 255 p.
- Dzhandzhugazova E.A., Lapochkina V.V. 2007. Marketingovyye metody formirovaniya imidzha turistskikh territoriy (na primere Smolenskoj oblasti) [Marketing Methods of Tourist Territories Image Building (Based on Smolensk Region)]. Sovremennyye problemy servisa i turizma, 2: 39–49.
- Zamyatin D.N. 2003. Gumanitarnaya geografiya: prostranstvo i yazyk geograficheskikh obrazov. [Humanitarian Geography: Space and Language of Geographical Images]. Saint Petersburg, Publ. Aleteyya, 331 p.
- Zyryanov A.I. 2021. Rayonirovanie nauchnoe i narodnoe [Scientific and popular regionalization]. In: Sovremennaya Rossiya: geograficheskoe opisanie nashego Otechestva. Evropeyskaya Rossiya i Ural: v 2 kn. Kn. 2. Regiony Evropeyskoj Rossii i Urala [Modern Russia: a geographical description of our Fatherland. European Russia and the Urals: in 2 books. Book. 2. Regions of European Russia and the Urals]. Ed. by V.M. Kotlyakov, A.I. Zyryanov. Moscow, Publ. Paulsen: 14–18.
- Kayzer Ph.Ju., Mekush G.E. 2020. Tourist Image of the Territory: Problem of Definition, Approaches and Methods of Research, Structural and Functional Features. Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology, 6(3): 70–93 (in Russian).

- Kayzer F.Yu. 2021. Ekonomiko-geograficheskie osobennosti formirovaniya turistskogo obraza territorii (na primere Kemerovskoy oblasti – Kuzbassa) [Economic and geographical features of the formation of tourist image of the territory (based on Kemerovo region - Kuzbass)]. Abstract. dis. ... cand. geogr. sciences. Irkutsk, 24 p.
- Kalutskov V.N. 2008. K razrabotke ponyatiya «turistskiy landshaft» [To the development of the concept of «tourist landscape»]. In: Turizm i rekreatsiya: fundamental'nye i prikladnye issledovaniya [Tourism and recreation: fundamental and applied research]. Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, Moscow, 24–25 April 2008. Moscow, Publ. Sovetskiy sport: 91–93.
- Klimanova O.A., Telnova N.O. 2008. Natural and Historic and Cultural Potential of Region as Basis for Creating Territory Tourism Image. Service and Tourism: Current Challenges, 4: 49–55 (in Russian).
- Klimanova O.A., Shabalina N.V. 2015. Geograficheskie aspekty turistskogo stranovedeniya [Geographical aspects of tourist regional studies]. In: Geografiya turizma [Geography of tourism]. Ed. by A.Yu. Aleksandrova. Moscow, Publ. KNORUS: 306–313.
- Kunitsa M.N. 2017. Tourist Image of the Large City: Features and Role in Regional Tourism Management. Regional'nye issledovaniya, 1(55): 110–118 (in Russian).
- Kunitsa M.N., Gavryutina N.L. 2022. Military and Patriotic Tourism: All-Russian Trends and Features of Regional Development. Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology, 2: 60–70 (in Russian). DOI: 10.17308/geo.2022.2/9311.
- Kunitsa M.N., Lobanov G.V., Gavryutina N.L. 2015. Information Resources in the Forming Tourist Image of the Region. In: Geografiya i region [Geography and region]. Materials of the international scientific-practical conference. Perm, 23–25 September 2015. Perm, Publ. PGNIU: 212–218 (in Russian).
- Nikanorova E.V. 2009. Formirovanie turistskogo obraza territorii (na primere Rostovskoy oblasti) [Formation of the tourist image of the territory (based on Rostov region)]. Abstract. dis. ... cand. geogr. sciences. Moscow, 24 p.
- Nikolaenko D.V. 2003. Rekreatsionnaya geografiya [Recreational geography]. Moscow, Publ. VLADOS, 279 p.
- Novikov V.P. 2020. Landscape Approach to Conservation of the Great Patriotic War Heritage in Ugra National Park. Heritage and Modern Times, 3(4):73–92 (in Russian).
- Prirodnye resursy i okruzhayushchaya sreda subiektov Rossiyskoy Federatsii. Tsentral'nyy federal'nyy okrug: Bryanskaya oblast' [Natural resources and environment of subjects of the Russian Federation. Central federal district: Bryansk region]. 2007. Ed. by N.G. Rybal'skiy, E.D. Samotesov, A.G. Mityukov. Moscow, Publ. NII-Priroda, 1144 p.
- Chihichin V.V. 2008. Recreational -Geographical Image of the Region: Concept and Technique of the Research (on the Example of Stavropol Territory). Regional Environmental Issues, 5: 157–163 (in Russian).
- Beerli A., Martín J.D. 2004. Factors Influencing Destination Image. Annals of Tourism Research, 31(3): 657–681. DOI: 10.1016/j.annals.2004.01.010.
- Fakeye P.C., Crompton J.L. 1991. Image Differences Between Prospective, First-Time, and Repeat Visitors to the Lower Rio Grande Valley. Journal of travel research, 30(2): 10–16. DOI: 10.1177/00472875910300.
- Lawson F., Baud-Bovy M. 1977. Tourism and recreation development. A handbook of physical planning. London, The Architectural Press, 210 p.

Поступила в редакцию 06.10.2022;

поступила после рецензирования 02.11.2022;

принята к публикации 07.11.2022

Received October 06, 2022;

Revised November 02, 2022;

Accepted November 07, 2022

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Куница Марина Николаевна, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры географии, экологии и землеустройства Брянского государственного университета им. И.Г. Петровского, Брянск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Marina N. Kunitsa, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Geography, Ecology and Land Management of the Bryansk State Academician I.G. Petrovski University, Bryansk, Russia



УДК 911.37+910.26

DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-502-512

Опыт изучения эстетически привлекательных и рекреационно значимых объектов в границах муниципальных образований

Лопина Е.М.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: lopina@bsu.edu.ru

Аннотация. В статье обсуждаются актуальные вопросы изучения эстетико-потребительских параметров среды муниципальных образований и сельских поселений. Использование предлагаемого методологического подхода к оценке эстетических и потребительских параметров среды региональной системы расселения показано на примере населенных пунктов Белгородского района Белгородской области. Определены специфические черты рекреационной деятельности жителей в изученных населенных пунктах, ее уникальные виды и сопряженность с другими видами природопользования. Ключевыми результатами исследования стали коэффициенты репрезентации элементов среды, численность группы рекреантов с соответствующей частотой рекреационных выходов, рекреационная нагрузка, рассчитанные на основе статической обработки данных социологического опроса жителей. Установлена связь между различными характеристиками населенных пунктов, характером вмещающей среды и эстетическо-потребительскими параметрами. Выявлено, что оценка эстетико-потребительских параметров среды населенных пунктов исследуемой территории существенно отличается, что во многом обусловлено близким расположением к административному центру региона. Показана перспективность применения результатов при принятии решений по проблемам, связанным с определением особенностей формирования рекреационной нагрузки и предпочтительности рекреационного использования пространств, и при необходимости разработки механизмов управления современными урбоэкосистемами.

Ключевые слова: эстетические и потребительские параметры среды, рекреационное природопользование, рекреационная нагрузка, населенные пункты Белгородского района, Белгородская агломерация

Для цитирования: Лопина Е.М. 2022. Опыт изучения эстетически привлекательных и рекреационно значимых объектов в границах муниципальных образований. Региональные геосистемы, 46(4): 502–512. DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-502-512

Experience in Studying Aesthetically Attractive and Recreationally Significant Objects within the Municipalities Boundaries

Elena M. Lopina

Belgorod State National Research University,
85 Pobedy St, Belgorod 308015, Russia
E-mail: lopina@bsu.edu.ru

Abstract. The article discusses topical issues of studying aesthetically attractive and recreationally significant objects within the boundaries of municipalities and rural settlements. The use of the suggested methodological approach to the assessment of the aesthetic and consumer environmental parameters of the regional settlement system is shown on the settlement case study of the Belgorod district of the Belgorod region. The specific features of the recreational activities of residents in the settlements under study are determined, as well as their unique types and correlation with other types of nature management. The key results of the study were the environmental elements representation coefficients, the size of the group of recreants with the

corresponding frequency of recreational outings, recreational load, calculated on the basis of static processing of sociological survey of residents data. The relationships between the various characteristics of settlements, the nature of the surrounding environment, and aesthetic and consumer parameters have been established. The assessment of the aesthetic and consumer environmental parameters of the settlements of the study area proved to be significantly varied, which is largely due to the proximity to the administrative center of the region. The prospects of applying the results in making decisions are shown relating to the problems of determining the features of the formation of recreational load and the preference for recreational use of spaces, and, if necessary, developing mechanisms for managing modern urban ecosystems.

Keywords: aesthetic and consumer environmental parameters, recreational nature management, recreational load, settlements of the Belgorod region, Belgorod agglomeration

For citation: Lopina E.M. 2022. Experience in studying aesthetically attractive and recreationally significant objects within the municipalities boundaries. *Regional geosystems*, 46(4): 502–512 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-502-512

Введение

В динамично меняющихся социально-экономических условиях в пределах систем расселений регионального и муниципального уровней очевидным становится, с одной стороны, что эстетически привлекательные, рекреационно значимые объекты и комплексы имеют дизъюнктивное распространение, а, с другой стороны, наблюдается определенное несоответствие этих объектов потребностям населения, соответственно, потенциал территории не раскрывается в значительной степени.

В последние десятилетия в географической науке активно развивается методология и методика направления, связанного с изучением и оценкой эстетико-потребительских и рекреационных параметров среды. Исследования в рамках данного направления, как правило, характеризуются своей междисциплинарностью, а эстетическая их составляющая призвана объединить общественную и естественно-географическую ветвь науки [Фролова, 1994; Бредихин, 2005; Азарова и др., 2007; Кочуров, Буцацкая, 2007; Дирин, Попов, 2010; Колбовский, 2011; Кириллова, 2012; Красовская, 2014; Root et al., 2017; Бибаева, Макаров, 2018; Tribot et al., 2018].

В поведенческой географии существует понятие «эстетика места» или «аттрактивность места», то есть способность воздействовать на нервную систему человека, на его психическую сферу, что в дальнейшем формирует функциональные характеристики территории [Душков, 1987; Оборин, 2011]. Данное понятие, как правило, рассматривается в рамках рекреационного направления, но в перспективе оно может быть одним из ключевых и трендовых при трансформации региональных и локальных систем расселения. Исследование эстетических и потребительских свойств среды в пределах систем расселения различного иерархического уровня позволит выявить рекреационный потенциал и факторы, его ограничения; включить их результаты при принятии социальных, экономических и геоэкологических решений, связанных разработкой документов территориального планирования, в том числе связанных с организацией рекреационных комплексов [Грудинина, 2013; Комлева и др., 2020].

Для таких регионов, как Белгородская область, в современных социальных, экономических и геоэкологических условиях актуальной становится трансформация системы расселения с внедрением новых трендов развития территории. Длительная история ее формирования связана с последовательной сменой способов взаимодействия и приспособления населения к природным комплексам и последующим их антропогенным преобразованием. Для природных комплексов региона характерна высокая степень преобразованности в результате длительной истории освоения природного потенциала территории и формирования мощного аграрно-промышленного хозяйства. Столь динамичное развитие сельскохозяйственного и промышленного производства наложило свой отпечаток на потребительские параметры



среды, возможность и полноту реализации потребностей жителей в «естественном природном окружении». При этом Белгородчина имеет все необходимые предпосылки для формирования максимально комфортной среды для жизни и отдыха населения.

Объекты и методы исследования

Учеными ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» на протяжении 17 лет проводятся инициативные исследования, направленные на изучение социально-географических аспектов природопользования и потребительских параметров среды.

С учетом значительного опыта, накопленного как отечественными, так и зарубежными учеными, авторами предложен вариант методики оценки эстетических и потребительских параметров среды, сочетающий качественное описание и социологический опрос, который позволяет установить определенный набор репрезентативных образов изучаемых территорий (населенных пунктов и их систем).

По мнению авторов методики [Lopina et al., 2016; Lopina et al., 2018], оценка охватывает отдельные природные, природно-антропогенные комплексы или пейзажи, а в целом жизненную среду индивидов, то есть того пространства, которое включает населенный пункт и прилегающие территории, попадающие в радиус природопользования большей части населения.

Накоплен большой объем теоретического материала и фактографической информации, который отражен в научных трудах, учебных пособиях, на его основе защищены диссертации на соискание ученых степеней [Корнилов и др., 2012; Lopina et al., 2016; Лисецкий и др., 2018; Lopina et al., 2018].

В данной статье изложены результаты исследования более 60 населенных пунктов Белгородской области, расположенных в 18 муниципальных районах и городских округах. В их число вошли 13 населенных пунктов Белгородского района, 10 из них относятся к категории сельских. Важно отметить, что некоторые поселения были исследованы дважды с разницей в 12–17 лет, что позволило проследить изменение изучаемых параметров среды.

Результаты и их обсуждение

Выше отмечено, что апробация методики имеет многолетний характер. За продолжительный период исследования расширилась не только численность населенных пунктов, их география, но также проведены повторные исследования с целью выявления динамики, усовершенствована методология исследования, привлечены новые технические средства для проведения исследования и обработки полученных результатов. Кроме того, часть исследований направлена на углубленный анализ эстетико-потребительских параметров среды населенных пунктов, относящихся к особым группам, например, расположенных в границах городской агломерации или вблизи размещения предприятий Курской магнитной аномалии (КМА).

Сельские населенные пункты по своим потребительским характеристикам существенно отличаются от городских, что отражено в соответствующих репрезентациях, оценках уровня комфортности среды, особенностях реализации потребностей, в том числе рекреационных, и формирования видов природопользования или его специфических черт, не характерных зачастую для жителей городов и поселков городского типа. Например, у жителей сельских населенных пунктов реализация рекреационных потребностей нередко определена ее фрагментарным характером, то есть даже в условиях ограниченности времени можно «найти минутку» на отдых, который не предполагает каких-либо затрат. Для традиционных сельских населенных пунктов уровень оценки природного окружения зависит от численности жителей в них.

Последние десятилетия отмечается повсеместная убыль сельского населения в большинстве регионов нашей страны, и Белгородчина не является исключением. Однако рассматриваемые в данной статье населенные пункты, располагаясь вблизи и непосредственно на границе административного центра и входящие в состав Белгородской агломерации, показывают рост численности населения.

На рис. 1 показана динамика численности в исследованных населенных пунктах Белгородского района за период 2002–2020 гг. [Территориальный орган ..., 2022; Численность населения России..., 2022].

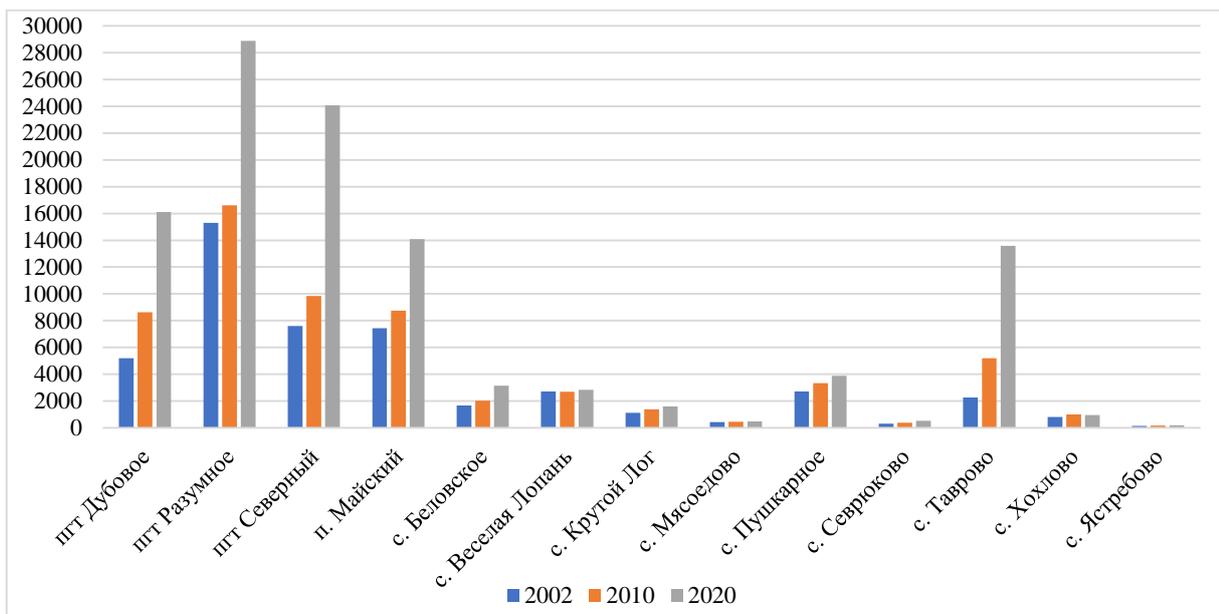


Рис. 1. Динамика численности населения в исследованных населенных пунктах с 2002 по 2020 год
Fig. 1. Population dynamics in the studied settlements from 2002 to 2020

Белгородская агломерация – территория, которая охватывает города, близлежащие к ним поселки и крупные сельские населенные пункты. Численность населения агломерации насчитывает 600 тыс. чел. и увеличивается ежегодно на 8–10 тыс. чел.

На расстоянии 30–35 км от Белгорода находятся значительные по площади массивы, занятые индивидуальным жилищным строительством. Таким образом, пригород и части муниципальных территорий, соседствующих с Белгородом, стали его спальными районами. Однако население, которое переехало в пригород, по-прежнему остается активным участником экономической и культурной жизни города [Лисецкий, Чугунова, 2014; Чугунова и др., 2015; Дохов, Сеницын, 2020].

Исследования особенностей пространственно-временной динамики пригородной застройки Белгорода, являющего ядром Белгородской агломерации, указывают на то, что ключевой особенностью субурбанизации административного центра в постсоветский период является формирование зон застройки спрлового типа [Дохов, Сеницын, 2020], то есть уникального типа пригородного расселения. Основными факторами, которые формируют такую уникальную конфигурацию, являются доступность рабочих мест, более высокий заработок, доступ к инженерным коммуникациям и хорошо развитой транспортной инфраструктуре. Разрыв в доходах жителей городов и экономически маргинализованной сельской местностью привел к увеличению миграции из периферийных сельских районов в города и крупные поселки вблизи административного центра, что в свою очередь повлекло за собой изменение исследуемых параметров. Актуально внедрение современных подходов к



территориальной организации жизненной среды, например, геопланирование на бассейновых принципах [Лисецкий и др., 2013; Лисецкий, Панин, 2013].

В результате проведенных исследований были выявлены природные и социальные условия становления и развития природопользования как основы формирования безопасной и комфортной социально-экологической среды, проведена дифференциация населенных пунктов; разработана матричная и картографическая интерпретация результатов исследования; оценены компоненты пейзажа и особенности их сочетания. Также в ходе исследования были выявлены предпочтительные для отдыха объекты, проведена дифференциация всех рекреантов на отдельные группы в зависимости от интенсивности рекреационных выходов и рассчитана рекреационная нагрузка на них (табл. 1 и 2).

Таблица 1
Table 1

Группы рекреантов с различной частотой рекреационных выходов
Residents' groups with different recreational intensity

Исследованные населенные пункты	Число рекреантов (N) с соответствующей частотой рекреационных выходов						Число потенциальных рекреантов	
	1–4 выхода в месяц (N ₁)		3–4 выхода в полгода (N ₂)		1–2 выхода в год (N ₃)			
	человек	%	человек	%	человек	%	человек	%
Сельские населенные пункты								
пгт Дубовое	11400	70,8	3349	20,8	676	4,2	676	4,2
пгт Разумное	9615	33,3	7710	26,7	9615	33,3	1935	6,7
пгт Северный	7678	31,9	6282	26,1	7318	30,4	2792	11,6
п. Майский	3295	23,3	8005	56,6	2079	14,7	701	5,4
с. Беловское	743	23,7	1322	42,1	826	26,3	248	7,9
с. Веселая	472	16,7	1101	38,9	628	22,2	628	22,2
с. Крутой Лог	437	27,3	525	32,8	273	17,1	365	22,8
с. Мясоедово	193	40,0	161	33,3	32	6,7	96	20,0
с. Пушкарное	1175	30,2	1331	34,2	319	8,2	1067	27,4
с. Севрюково	288	53,3	145	26,7	72	13,3	36	6,7
с. Таврово	7701	56,7	2716	20,0	1807	13,3	1358	10,0
с. Хохлово	146	15,3	437	45,9	280	29,4	89	9,4
с. Ястребово	141	72,2	22	11,1	22	11,1	11	5,6

В населенных пунктах, как отмечалось выше, исследования проводили дважды с разницей в 12–17 лет. Их целью было выявление потенциального изменения эстетико-потребительских параметров и рекреационной нагрузки. Ранее была выдвинута гипотеза: в населенных пунктах за последние года отмечено изменение эстетико-потребительских параметров среды, что было подтверждено в ряде населенных пунктов, находящихся, как правило, вблизи административного центра региона. По отношению к населенным пунктам Белгородского района гипотеза подтвердилась. С учетом значительного роста численности населения отмечается существенное увеличение численности групп рекреантов.

Таблица 2
Table 2

Расчет возможного числа выходов рекреантами каждой группы, рекреационной нагрузки и ее прирост с 2002 по 2022 г.

The calculation of the possible number of exits by recreants of each group, recreational load and its increase from 2002 to 2022

Исследованные населенные пункты	Число выходов каждой группы рекреантов в расчете на год				R, выходов в год/км ²	Прирост R, % с 2002 по 2022 г.
	(N ₁ × T ₁)	(N ₂ × T ₂)	(N ₃ × T ₃)	$\sum_{i=1}^n N_i \times T_i$		
пгт. Дубовое	273600	23443	1014	298057	4,86	310
пгт. Разумное	230760	53970	14422	299152	4,88	177
пгт. Северный	184272	43974	10977	239223	3,90	314
п. Майский	79080	56035	3118	138233	2,26	192
с. Беловское	17832	9254	1239	28325	0,46	191
с. Веселая Лопань	11328	7707	942	19977	0,32	103
с. Крутой Лог	10488	3675	409,5	14572,5	0,23	104
с. Мясоедово	4632	1127	48	5807	0,09	112
с. Пушкарное	28200	9317	478,5	37995,5	0,61	339
с. Севрюково	6912	1015	108	8035	0,13	186
с. Таврово	184824	19012	2710	206546	3,36	600
с. Хохлово	3504	3059	420	6983	0,11	110
с. Ястребово	3384	154	33	3571	0,06	120

На основе рассчитанной численности для каждой группы рекреантов с различной частотой рекреационных выходов была рассчитана рекреационная нагрузка (см. табл. 2). Методика расчета численности рекреантов каждой группы и рекреационной нагрузки подробно описаны в упомянутой авторской методике и отражены в ряде публикаций. Ниже представлены формула для расчета рекреационной нагрузки с учетом различного числа выходов рекреантов (1):

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \times T_i}{S_i}, \quad (1)$$

где R – рекреационная нагрузка, выходов в год/км²; N_i – численность рекреантов советующей группы; T_i – число выходов группы в год с целью рекреации, S – площадь ареала, км².

Площади ареалов природопользования, в которых реализуются различные его виды, в том числе рекреация, рассчитывались на основе результатов изучения его территориальных и временные характеристик в различных типах населенных пунктов.

По данным табл. 2 отмечен стремительный рост рекреационной нагрузки с 2002 года по настоящее время в пределах исследованных населенных пунктов и их ближайшего окружения. Помимо приведенных расчетов было проанализировано изменение площадей основных функциональных зон в населенных пунктах. На рис. 2 на примере Дубовского и Тавровского сельских поселений показано изменение площадей основных функциональных зон в период с 2001 по 2020 год. Важно отметить, что в данных населенных пунктах за указанный период численность населения увеличилась в несколько раз благодаря развитию индивидуального жилищного строительства (см. рис. 1). Опросы населения региона пока-

зали, что значительная часть населения (около 80 %) стремится жить в пригороде в собственном доме. Кроме того, строительство индивидуального жилья в большинстве случаев обходится значительно дешевле, чем многоэтажная застройка [Трошин и др., 2017].

В ходе исследования также было установлено, что отдельные формы рекреационной деятельности жителей исследованных населенных пунктов являются условными, так как зачастую сопряжены со сбором ягод, грибов, лечебных трав, то есть отмечается совмещение трудовой и рекреационной деятельности. Таким образом, очевидно еще одно отличие рекреации, реализуемой в селе и пригороде: она трактуется в более широком понимании и включает в себя разноплановые виды деятельности, в основе которых лежит эмоциональная валеологическая составляющая.

Перспективным является дальнейшее исследование связей между отдельными группами рекреантов и с различными по структуре (сочетанию компонентов) природными комплексами в пределах ареалов активного природопользования.

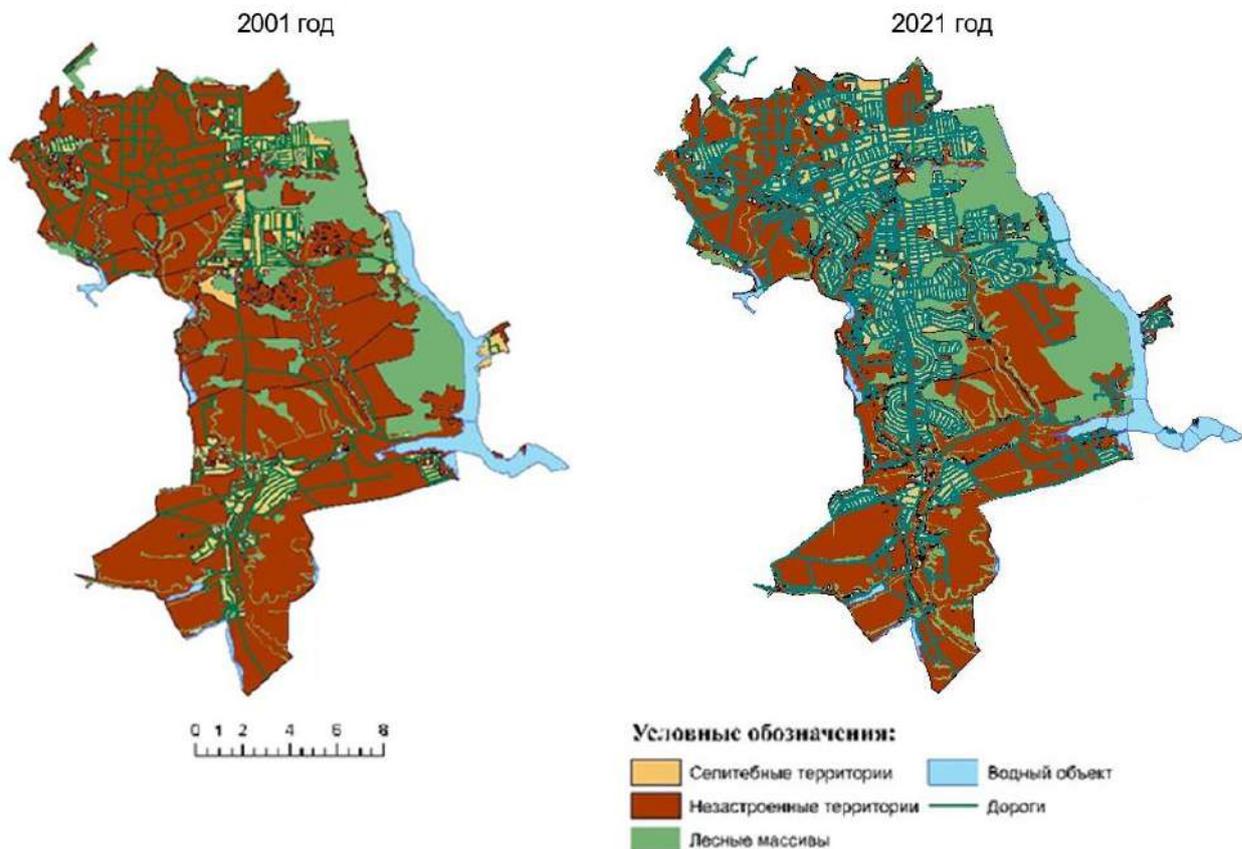


Рис. 2. Изменение площадей основных функциональных зон на территории Дубовского и Тавровского сельских поселений с 2001 по 2020 год

Fig. 2. Change in the areas of the main functional zones on the territory of Dubovoe and Tavrovo rural settlements from 2001 to 2020

Заключение

В процессе исследования показано влияние социальных и экономических предпосылок на факторы формирования и эволюцию эстетических предпочтений и потребностей жителей изучаемой территории, которые в совокупности определяют формирование традиционных типов природопользования и влияют на менталитет населения.

Проведенное исследование, помимо теоретической составляющей, имеет и прикладной аспект приложения, так как оно может выступить в качестве одного из инструментов для обеспечения устойчивого развития территории.

С учетом сложившейся кризисной демографической ситуации в последние десятилетия отмечается повсеместная убыль сельского населения в большинстве регионов России, включая и территорию Белгородчины. Однако населенные пункты, расположенные вблизи городов и входящие в состав агломераций, объединяющих их с целью усиления экономических, социальных, культурных и иных связей, а также для увеличения комфортности среды и качества жизни, показывают рост численности населения. Несмотря на это, в указанных поселениях наблюдается деградация некоторых сфер жизни и экологической обстановки, во многом обусловленная неэффективными механизмами управления.

Необходимо внедрение современных подходов к территориальной организации жизненной среды. Например, геопланирование на бассейновых принципах, которое основано на разработанной и внедряемой в Белгородской области концепции бассейнового природопользования.

Результаты проведенного исследования послужили основой для выявления различий в оценках параметров среды в зависимости от географических условий проживания, количественных характеристик населенных пунктов и скорости изменения социальных, экономических и геоэкологических условий. Кроме того, очевидно, что «качество» и «количество» населения предопределяют различия в эстетико-потребительских оценках и важность проведения анализа взаимосвязей в этой сложной системе.

Список источников

- Численность населения России, федеральных округов, субъектов Российской Федерации, городских округов, муниципальных районов, муниципальных округов, городских и сельских поселений, городских населенных пунктов, сельских населенных пунктов с населением 3000 человек и более. Итоги Всероссийской переписи населения 2020 года. На 1 октября 2021 года. Том 1. Численность и размещения населения (XLSX). Электронный ресурс. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab-5_VPN-2020.xlsx (дата обращения: 10.10.2022).
- Всероссийская перепись населения 2002 года. Электронный ресурс. URL: <http://perepis2002.ru/index.html?id=13> (дата обращения 27.09.2022).
- Лисецкий Ф.Н., Буряк Ж.А., Присный А.В., Белеванцев В.Г., Павлюк Я.В., Заздравных Е.А., Дунаев В.А., Белоусова Л.И., Квачев В.Н., Лебедева М.Г., Крымская О.В., Толстопятова О.С., Соловиченко В.Д., Лукин С.В., Полякова Т.А., Королева И.С., Марциневская Л.В., Выродова Ю.Н., Цапков А.Н., Соловьев А.Б., Терехин Э.А., Маслова Е.В., Скорбач В.В., Негин Е.В., Руссу К.Г., Колмыков С.Н., Гусев М.С., Корнилов А.Г., Петин А.Н., Чендев Ю.Г., Петина В.И., Лопина Е.М., Чугунова Н.В., Нарожняя А.Г., Фурманова Т.Н., Петина М.А. 2018. Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство. Белгород, Общество с ограниченной ответственностью, 200 с.
- Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области — Всероссийская перепись населения 2010 года. Электронный ресурс. URL: <https://belg.gks.ru/folder/42294> (дата обращения 27.09.2022).



Список литературы

- Азарова О.В., Терешкин А.В., Уполовников Д.А. 2007. Оценка эстетического состояния защитных лесных насаждений в системе озеленения города Саратова. Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова, 1: 5–6.
- Бибаева. А.Ю., Макаров А.А. 2018. Применение ГИС для расчета комплексных показателей эстетической оценки ландшафтов. Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле, 24: 17–33. DOI: 10.26516/2073-3402.2018.24.17.
- Бредихин А.В. 2005. Эстетическая оценка рельефа при рекреационных и геоморфологических исследованиях. Вестник Московского университета. Серия 5: География, 3: 7–13.
- Грудина Н.А. 2013. Эстетическое качество туристско-рекреационных ландшафтов как показатель их устойчивого развития. Вестник российских университетов. Математика, 18(2): 584–587.
- Дирин Д.А., Попов Е.С. 2010. Оценка ландшафта и эстетической привлекательности ландшафтов: методический обзор. Известия Алтайского государственного университета, 3–2(67): 120–124.
- Дохов Р.А., Сеницын Н.А. 2020. Сполл в России: развитие и структура пригородов Белгорода. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 84(2): 191–206.
- Душков Б.А. 1987. География и психология: подход к проблемам. М., Мысль, 285 с.
- Кириллова А.В. 2012. Рельеф как фактор эстетической привлекательности ландшафта. Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле, 2: 104–108.
- Колбовский Е.Ю. 2011. Эстетическая оценка ландшафтов: проблемы методологии. Ярославский педагогический вестник, 3(4): 161–166.
- Комлева Е.А., Музейева А.Б., Ашикалиев А.Х. 2020. Эстетическая оценка ландшафтов в пространственно-территориальном планировании Оренбургской области. В кн.: Журналистика и география. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 20–21 марта 2020. Воронеж, Воронежский государственный университет; Квартал: 205–208.
- Корнилов А.Г., Лопина Е.М., Гененко И.А., Стаценко Е.А. 2012. Рекомендации по разработке карт рекреационной нагрузке. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 1: 145–148.
- Кочуров Б.И., Бучацкая Н.В. 2007. Оценка эстетического потенциала ландшафтов. Юг России: экология, развитие, 2(4): 25–34.
- Красовская Т.М. 2014. Эстетические функции ландшафтов: методические приемы оценки и сохранения. Геополитика и экогеодинамика регионов, 10(2): 51–55.
- Лисецкий Ф.Н., Дегтярь А.В., Нарожняя А.Г., Чепелев О.А., Кузьменко Я.В., Маринина О.А., Землякова А.В., Кириленко Ж.А., Самофалова О.М., Терехин Э.А., Украинский П.А. 2013. Бассейновый подход к организации природопользования в Белгородской области. Белгород, КОНСТАНТА, 88 с.
- Лисецкий Ф.Н., Панин А.Г. 2013. Бассейновая концепция природопользования на сельских территориях Белгородской области. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 1: 48–51.
- Лисецкий Ф.Н., Чугунова Н.В. 2014. Расселение населения муниципальных образований Белгородской области как основной фактор в реализации концепции «Район-Парк». Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика, 1(172): 46–54.
- Оборин М.В. 2011. Эстетико-психологическая оценка ландшафтных комплексов для развития лечебно-оздоровительной рекреации и туризма. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности, 2: 89–93.
- Трошин А.С., Бондарева Я.Ю., Когтева А.Н. 2017. Индивидуальное жилищное строительство Белгородского региона – анализ и прогнозы. Научный результат. Экономические исследования, 3(3): 3–10. DOI: 10.18413/2409-1634-2017-3-3-3-10.
- Фролова М.Ю. 1994. Оценка эстетических достоинств природных ландшафтов. Вестник Московского университета. Серия 5, География, 24: 27–33.
- Чугунова Н.В., Полякова Т.А., Игнатенко С.А., Лихневская Н.В. 2015. Пространственно-временное развитие Белгородской агломерации в условиях глобальных процессов урбанизации.

Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика, 7(204): 23–29.

- Lopina E.M., Kornilov A.G., Bondareva Y.Y., Kalugin V.A. 2018. Factor Assessment of the Aesthetic and Consumer Parameters of Regions. *The Journal of Social Sciences Research*, 4: 77–81.
- Lopina E.M., Kornilov A.G., Petin A.N., Kireeva-Genenko I.A. 2016. Assessment of Consumer and Aesthetic Parameters of the Environment at the Regional Level. *International Business Management*, 10(16): 3364–3368.
- Root E.D., Silbernagel K., Litt J.S. 2017. Unpacking Healthy Landscapes: Empirical Assessment of Neighborhood Aesthetic Ratings in an Urban Setting. *Landscape and Urban Planning*, 168: 38–47. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2017.09.028.
- Tribot A.S., Deter J., Mouquet N. 2018. Integrating the Aesthetic Value of Landscapes and Biological Diversity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285 (1886): 20180971. DOI: 10.1098/rspb.2018.0971.

References

- Azarova O.W., Tereshkin A.W., Upolovnikov D.A. 2007. Estimation of an Aesthetic Condition of Protective Wood Plantings in System of Gardening of Saratov. *Bulletin of the Saratov State Agrarian University by N.I. Vavilov*, 1: 5–6 (in Russian).
- Bibaeva. A.Yu., Makarov A.A. 2018. Application of Information Systems for Calculations of Indicators of Aesthetic Assessment of Landscapes. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences*, 24: 17–33 (in Russian). DOI: 10.26516/2073-3402.2018.24.17.
- Bredikhin A.V. 2005. Aesthetical Evaluation of Relief in Recreational-Geomorphologic Investigation. *Moscow University Bulletin. Series 5: Geography*, 3: 7–13 (in Russian).
- Grudinina N.A. 2013. Esthetic Quality of Tourist and Recreational Landscapes as Indicator of Their Stable Development. *Russian Universities Reports. Mathematics*, 18(2): 584–587 (in Russian).
- Dirin D.A., Popov E.S. 2010. Evaluation of Landscape and Aesthetic Appeal of Landscapes: A Methodological Review. *Izvestiya of Altai State University*, 3–2(67): 120–124 (in Russian).
- Dokhov R.A., Sinitsyn N.A. 2020. Sprawl in Russia: Growth and Structural Transformation of the Belgorod Suburbs. *Regional Research of Russia*, 10(2): 247–259 (in Russian). DOI: 10.1134/S2079970520020057.
- Dushkov B.A. 1987. *Geografiya i psikhologiya: podkhod k problemam [Geography and Psychology: Approach to Problems]*. Moscow, Publ. Mysl, 285 p.
- Kirillova A.V. 2012. Relief as a Factor for Measuring of the Landscape Aesthetics. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 2: 104–108 (in Russian).
- Kolbovsky E.Ju. 2011. Aesthetic Estimation of Landscapes: Problems of Methodology. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*, 3(4): 161–166 (in Russian).
- Komleva E.A., Muzeeva A.B., Ashikkaliyev A.H. 2020. Aesthetic Assessment of Landscapes in Spatial-Territorial Planning of Orenburg Region. In: *Zhurnalistika i geografiya [Journalism and Geography]*. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, 20–21 March 2020. Voronezh, Publ. Voronezh State University; Kvarta: 205–208 (in Russian).
- Kornilov A.G., Lopina E.M., Genenko I.A., Statsenko E.A. 2012. Rekomendatsii po razrabotke kart rekreatsionnoy nagruzke [Recommendations for the Development of Maps of Recreational Load]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*, 1: 145–148.
- Kochurov B.I., Buchatskaya N.V. 2007. Estimation of Aesthetic Potential of Landscapes. *South of Russia: ecology, development*, 2(4): 25–34 (in Russian).
- Krasovskaya T.M. 2014. Esteticheskiye funktsii landshaftov: metodicheskiye priyemy otsenki i sokhraneniya [Aesthetic Functions of Landscapes: Methodological Techniques for Evaluation and Preservation]. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*, 10(2): 51–55.
- Lisetskii F.N., Degtyar A.V., Narozhnyaya A.G., Chepelev O.A., Kuzmenko Ya.V., Marinina O.A., Zemlyakova A.V., Kirilenko Zh.A., Samofalova O.M., Terekhin E.A., Ukrainskiy P.A. 2013. Basseynovyy podkhod k organizatsii prirodopolzovaniya v Belgorodskoy oblasti [Basin Approach to the Organization of Nature Management in the Belgorod Region]. *Belgorod, Publ. CONSTANTA*, 88 p.



- Lisetsky F.N., Panin A.G. 2013. Basin Conception of Nature Use in Rurl Areas of Belgorod Oblast. Vestnik of the Russian Agricultural Sciences, 1: 48–51 (in Russian).
- Lisetskii F.N., Chugunova N.V. 2014. Resettlement of the Population of Municipalities Belgorod Region as the Main Factor in the Implementation of «District-Park». Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Economy. Informatics, 1(172): 46–54 (in Russian).
- Oborin M.V. 2011. The Esthetic and Psychological Mark of Landscape Complexes for the Development of Health Recreation and Tourism. Rudn Journal of Ecology and Life Safety, 2: 89–93 (in Russian).
- Troshin A.S., Bondareva J.Y., Kogteva A.N. 2017. Individual Housing Construction in Belgorod Region – Analysis and Forecasts. Research result. Economic Research, 3(3): 3–10 (in Russian). DOI: 10.18413/2409-1634-2017-3-3-3-10.
- Frolova M.Yu. 1994. Otsenka esteticheskikh dostoinstv prirodnykh landshaftov [Evaluation of the Aesthetic Merits of Natural Landscapes]. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya, 24: 27–33.
- Chugunova N.V., Polyakova T.A., Ignatenko S.A., Likhnevskaya N.V. 2015. Belgorod Agglomeration Space-Time Development in Terms of Global Urbanization Processes. Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Economy. Informatics, 7(204): 23–29 (in Russian).
- Lopina E.M., Kornilov A.G., Bondareva Y.Y., Kalugin V.A. 2018. Factor Assessment of the Aesthetic and Consumer Parameters of Regions. The Journal of Social Sciences Research, 4: 77–81.
- Lopina E.M., Kornilov A.G., Petin A.N., Kireeva-Genenko I.A. 2016. Assessment of Consumer and Aesthetic Parameters of the Environment at the Regional Level. International Business Management, 10(16): 3364–3368.
- Root E.D., Silbernagel K., Litt J.S. 2017. Unpacking Healthy Landscapes: Empirical Assessment of Neighborhood Aesthetic Ratings in an Urban Setting. Landscape and Urban Planning, 168: 38–47. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2017.09.028.
- Tribot A.S., Deter J., Mouquet N. 2018. Integrating the Aesthetic Value of Landscapes and Biological Diversity. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 285(1886): 20180971. DOI: 10.1098/rspb.2018.0971.

*Поступила в редакцию 19.10.2022;
поступила после рецензирования 14.11.2022;
принята к публикации 21.11.2022*

*Received October 19, 2022;
Revised November 14, 2022;
Accepted November 21, 2022*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Лопина Елена Михайловна, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности. Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT AUTHOR

Elena M. Lopina, Candidate of Geography, Associate Professor of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia



УДК 470:345

DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-513-521

Картографирование избыточной смертности на территории постсоветского пространства в 2020–2021 годах на фоне пандемии коронавируса

Тесленок С.А., Муштайкин А.П.

Национальный исследовательский Мордовский государственный
университет имени Н.П. Огарёва,
Россия, 430005, г. Саранск, ул. Большевистская, 68
E-mail: teslserg@mail.ru

Аннотация. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) на начало ноября 2022 года зафиксировала более 600 миллионов случаев заболевания и 6,5 миллионов смертей от коронавирусной инфекции (COVID-19). Однако ВОЗ сама не занималась подсчетом этих данных, а просто обрабатывала информацию от официальных государственных источников. Таким образом, среди стран отсутствовал единый подход к квалификации показателей, в том числе и на постсоветском пространстве. Целью данной работы был выбор наиболее качественного способа демонстрации смертности на фоне пандемии коронавируса для стран бывшего СССР. В ходе исследования для данной задачи был выбран показатель избыточной смертности. Произведен его расчет для стран постсоветского пространства, при помощи ГИС-технологий результаты представлены в наглядном картографическом виде, проработаны рекомендации по дальнейшему использованию проекта для минимизации долгосрочных негативных последствий пандемии COVID-19 для стран региона.

Ключевые слова: COVID-19, медицинская география, ГИС-технологии, избыточная смертность, постсоветское пространство

Для цитирования: Тесленок С.А., Муштайкин А.П. 2022. Картографирование избыточной смертности на территории постсоветского пространства в 2020–2021 годах на фоне пандемии коронавируса. Региональные геосистемы, 46(4): 513–521. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-513-521

Mapping Excess Mortality in the Post-Soviet Space in 2020–2021 on the Background of the Coronavirus Pandemic

Sergei A. Teskenok, Anton P. Mushtaikin

National Research Ogarev Mordovia State University
68 Bolshevistskaya St, Saransk 430005, Russia
E-mail: teslserg@mail.ru

Abstract. The World Health Organization at the beginning of November 2022 recorded more than 600 million cases and 6.5 million deaths from coronavirus infection (COVID-19). However, this body did not itself calculate these data, but simply processed information from official state sources. Thus, among the countries there was no unified approach to the qualification of indicators, including in the post-Soviet space, and the calculation depended on the quality of testing (including post-mortem) and accounting for mortality due to coronavirus as a concomitant disease. Many experts also attribute coronavirus deaths from the postponement of elective medical procedures and examinations due to the workload of hospitals and staff. The purpose of this work was to choose the most qualitative way to demonstrate mortality on the background of the coronavirus pandemic for the countries of the former USSR. In the course of the study, the use of the excess mortality indicator was justified for this task. It was calculated for the countries of the post-Soviet space, and the data obtained were analyzed. With the help of GIS technologies, the results are presented in a visual cartographic form, recommendations are developed for the further use of the project to minimize the long-term negative consequences of the COVID-19 pandemic for the countries of the region.



Keywords: COVID-19, medical geography, GIS technologies, excess mortality, post-Soviet space

For citation: Teslenok S.A, Mushtaikin A.P. 2022. Mapping Excess Mortality in the Post-Soviet Space in 2020–2021 on the Background of the Coronavirus Pandemic. *Regional Geosystems*, 46(4): 513–521 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-513-521

Введение

Вопросами закономерностей пространственного распространения болезней, их причин и последствий занимается медицинская география [Зайцева, 2018]. Важную роль в методах ее исследования всегда играли картографические материалы, а на современном этапе развития науки, с активной цифровизацией и учетом сложных комплексов информации, занимают геоинформационные системы (ГИС) [Авдашкина, Тупицына, 2013; Глотов, 2013; Куролап, 2017; Шайкунова, Тесленок, 2017]. Они позволяют наглядно демонстрировать результаты исследования с учетом демографических, медицинских и территориальных факторов, выявлять закономерности связей среды и здоровья населения, тем самым облегчая управляющим субъектам выбор наиболее грамотной стратегии для минимизации вреда [Левина, Тесленок, 2016; Тесленок и др., 2016; Чистобаев и др., 2020].

Уже с первых дней распространения коронавирусной инфекции появились как зарубежные, так и отечественные [Карта распространения коронавируса ..., 2022] картографические онлайн-сервисы, отслеживающие распространение болезни в реальном времени, что в очередной раз подтвердило важность использования этого инструмента. Но, как и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), эти сервисы использовали официальную государственную информацию, к достоверности которой возникли вопросы как у простых людей, так и в научной среде, особенно по части смертности. Одни говорили о завышении числа умерших [Brzezinski et al., 2021] и избыточности применяемых средств по борьбе с COVID-19, которые вызвали крупнейший за 80 лет спад в экономике [Блог Международного валютного фонда ..., 2020]. Другие, наоборот, настаивали [Wang, 2022], что данные занижены, так как в одних случаях практиковалось посмертное тестирование и определение коронавируса, как основной причины смертности, а в других же он отмечался лишь как сопутствующее заболевание [Wolf et al., 2021]. К тому же, в особенности в странах третьего мира, качество здравоохранения не позволяло адекватно отслеживать пандемическую ситуацию вообще. Поэтому выбор объективного и качественного показателя, который бы продемонстрировал последствия COVID-19 в части смертности и оценить эффективность принимаемых мер определенных стран и регионов стал чрезвычайно важной задачей.

Объекты и методы исследования

В качестве такого показателя нами была выбрана избыточная смертность – сравнение данных за определенный временной период со средним показателем за несколько предыдущих периодов [Баланова и др., 2015]. Он позволяет адекватно показать отклонение от нормы и активно применяется в медицинских и демографических исследованиях при анализе природных катастроф [Santos-Burgoa et al., 2018; Saulnier et al., 2019] и климатических аномалиях, таких как периоды экстремальной жары и холода [Lopes-Bueno et al., 2021; Rustemeyr, Howells, 2021; Moraes et al., 2022]. Таким образом, его использование при анализе ситуации с последствиями коронавируса было особенно актуально [Wolf et al., 2021; Wang, 2022; Муштайкин и др., 2022].

Страны постсоветского пространства и спустя 30 лет после распада СССР сохраняют достаточно тесные экономические, политические и миграционные связи, на которые панде-

мия COVID-19 оказала непосредственное влияние [Ахунов, 2020; Кочуров и др., 2021]. Поэтому картографирование избыточной смертности для данной группы государств имеет особую важность.

Для выполнения работы были получены данные по смертности для всех стран из их официальных статистических источников [Официальный сайт Агентства ..., 2022; Официальный сайт ... Республики Узбекистан, 2022; Официальный сайт ... Азербайджана, 2022; Официальный сайт ... Республики Абхазия; Официальный сайт Департамента ..., 2022; Официальный сайт ДержСтата ..., 2022; Официальный сайт Комитета ..., 2022; Официальный сайт Национального ..., 2022; Официальный сайт ... Кыргызской Республики, 2022; Официальный сайт ... Республики Беларусь, 2022; Официальный сайт ... Грузии, 2022; Официальный сайт ... Республики Армения, 2022; Официальный сайт ... Литвы, 2022; Официальный сайт Управления ..., 2022; Официальный сайт Федеральная ..., 2022; Официальный сайт Центрального ..., 2022]. Отметим, что сведения о ситуации в Туркменистане отсутствуют на протяжении многих лет, а для Беларуси на момент написания статьи данные за 2021 год еще не были опубликованы. Полученная информация была обработана следующим образом: рассчитаны средние значения за пятилетний период 2015–2019 гг. и отношение к ним смертности за 2020 и 2021 годы (табл. 1). Исходные слои для создания карт были представлены свободно распространяемыми векторными данными сайта *NaturalEarthData* [Natural Earth, 2022], в атрибутивные таблицы которых и были загружены полученные сведения. Данные этапы работы, а также визуализация результатов анализа выполнялись в ГИС *ArcGIS*, которая предоставляет, помимо удобного картографического функционала, возможность создания онлайн-портала на их основе, как, например, системы отслеживания распространения COVID-19 [COVID-19 Dashboard, 2022].

Таблица 1
Table 1

Данные по смертности для постсоветских стран за 2015–2021 гг.
Избыточная смертность в 2020 и 2021 гг. по отношению к среднему значению за 2015–2019 гг.
Mortality data for post-Soviet countries for 2015–2021.
Excess mortality in 2020 and 2021 relative to the 2015–2019 average

Страны	Количество смертей (чел.)			Отношение смертности (в %) по отношению к среднему значению за 2015–2019 гг. в	
	среднее значение за 2015–2019 гг.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
Абхазия	1381	1411	1394	2,8	0,1
Азербайджан	56324	75647	76878	34,3	36,5
Армения	27232	35371	34714	29,9	27,5
Беларусь	119848	144380	–	20,5	–
Грузия	48179	50537	59906	4,9	24,3
Казахстан	131655	162613	183357	23,5	39,3
Киргизия	33547	39977	38875	19,2	15,9
Латвия	28439	28656	34142	0,7	20,1
Литва	40200	43441	47976	8,1	19,3
Молдова	37769	40618	45386	7,5	20,2
Россия	1850580	2124479	2445509	14,8	32,1
Таджикистан	33070	41693	45370	26,1	37,2
Узбекистан	155484	175600	174541	12,9	12,3
Украина	584266	616835	714623	5,6	22,2
Эстония	15466	15721	18445	1,6	19,4
Южная Осетия	497	519	600	4,4	20,7

Результаты и их обсуждение

Далее на основе этих данных были составлены две карты масштаба 1:30 000 000, наглядно демонстрирующие ситуацию с избыточной смертностью как в 2020 году (рис. 1), так и в 2021 году (рис. 2). Стоит отметить, что в 2020 году активное распространение коронавируса на постсоветском пространстве началось в конце марта – начале апреля, и преобладал его оригинальный, более мягкий по сравнению с последующим Омикроном, вариант. К тому же население более терпимо отнеслось к строгим ограничительным мерам, а государства имели накопленные экономические резервы [Карпович, Литвинов, 2020]. В 2020 году лидерами по избыточной смертности стали Азербайджан (34,3 %) и Армения (29,9 %), но стоит отметить, что здесь картина искажена потерями от боевых действий, происходивших между этими странами. Лидерами по данному показателю также являются Таджикистан (26,1 %), Казахстан (23,5 %), Беларусь (20,5 %) и Киргизия (19,2 %), показавшие значительное отклонение от нормы. Россия (14,8 %) на фоне этих государств продемонстрировала скорее средний рост показателя избыточной смертности. Отметим и страны (Абхазия, Грузия, Латвия, Эстония и Южная Осетия), где данный показатель не превысил 5 %, что соответствует допустимому естественному отклонению при его расчете [Баланова и др., 2015].



Рис. 1. Избыточная смертность на постсоветском пространстве в 2020 году по отношению к среднему значению за 2015–2019 гг., %

Fig. 1. Excess mortality in the post-Soviet space in 2020 relative to the average value for 2015–2019, %



Рис. 2. Избыточная смертность на постсоветском пространстве в 2021 году по отношению к среднему значению за 2015–2019 гг., %

Fig. 2. Excess mortality in the post-Soviet space in 2021 relative to the average value for 2015–2019, %

В 2021 году ситуация с избыточной смертностью существенно ухудшилась (см. рис. 2). Это связано как с доминированием более опасного штамма коронавируса Омикрон на протяжении всех 12 месяцев, так и с накопленной усталостью населения от ограничений и готовности их соблюдать, а также с невозможностью поддержки граждан государством из-за экономических потерь. Говоря о лидерах прошлого года, можно отметить Армению (27,5 %), в которой высокий показатель все же был меньше прошлогоднего, возможно, благодаря отсутствию боевых действий. Однако, несмотря это, в Азербайджане (36,5 %) избыточная смертность выросла и осталось на очень высоком уровне. Также увеличилось количество умерших в Казахстане (39,3 %) и Таджикистане (37,2 %). Имевшие схожие показатели Киргизия (15,9 %) и Узбекистан (12,3 %) наоборот продемонстрировали положительную динамику, оставшись в умеренной зоне роста избыточной смертности. Практически все страны, благополучно пережившие ситуацию 2020 года, показали резкий рост избыточной смертности в 2021 году: Грузия (24,3 %), Латвия (20,1 %), Эстония (19,4 %), Южная Осетия (20,7 %). У них данный показатель стал выше российского за 2020 год. Единственной страной, где показатель смертности даже уменьшился стала Абхазия (0,1 %), в которой два года пандемии прошли с минимальными потерями, что, возможно, связано с отсутствием традиционных туристических потоков.

Заключение

В результате работы нами был выбран наиболее объективный показатель для демонстрации смертельных последствий коронавируса на территории постсоветского пространства, который позволил выявить наиболее и наименее пострадавшие страны, а также отследить динамику заболевания за два пандемийных года и отобразить ее при помощи геоинформационно-картографических материалов.



Также была создана ГИС-основа для дальнейшей работы. При появлении необходимых данных можно более тщательно проанализировать ситуацию с избыточной смертностью по отдельным регионам, национальным и половозрастным группам. Такая работа позволит выявить наиболее успешные меры по борьбе с коронавирусом, а также наиболее пострадавшие районы и слои населения. Визуализация такой информации при помощи карт и их публикация на онлайн-порталах позволит руководителям как по линии местной и общегосударственной власти, так и в рамках СНГ, ЕАЭС и других интеграционных объединений, таких как ШОС, БРИКС, внедрять наиболее успешные практики с целью минимизации долгосрочного ущерба от COVID-19.

Список источников

- Блог Международного валютного фонда. Электронный ресурс. URL: <https://www.imf.org/ru/News/Articles/2020/04/14/blog-weo-the-great-lockdown-worst-economic-downturn-since-the-great-depression> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Карта распространения коронавируса в России и мире. Электронный ресурс. URL: <https://yandex.ru/maps/covid19?ll=41.775580%2C54.894027&z=3> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Агентства по статистике при президенте Республики Таджикистан. Электронный ресурс. URL: <https://www.stat.tj> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Государственного комитета по статистике Республики Узбекистан. Электронный ресурс. URL: <https://www.stat.uz> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Государственного комитета статистики Азербайджана. Электронный ресурс. URL: <https://www.stat.gov.az> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Государственного комитета Республики Абхазия по статистике. Электронный ресурс. URL: <https://ugsra.org/> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Департамента статистики Эстонии. Электронный ресурс. URL: <https://andmed.stat.ee/> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт ДержСтата Украины. Электронный ресурс. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан. Электронный ресурс. URL: <https://www.stat.gov.kz> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Национального бюро статистики Республики Молдова. Электронный ресурс. URL: <https://www.statistica.md> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Национального статистического комитета Кыргызской Республики. Электронный ресурс. URL: <https://www.stat.kg> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Национального статистического комитета Республики Беларусь. Электронный ресурс. URL: <https://www.belstat.gov.by/> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Национальной статистической службы Грузии. Электронный ресурс. URL: <https://www.geostat.ge/> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Статистического комитета Республики Армения. Электронный ресурс. URL: <https://www.armstat.am/> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Статистического портала Литвы. Электронный ресурс. URL: <https://osp.stat.gov.lt> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Управления государственной статистики Республики Южная Осетия. Электронный ресурс. URL: <https://ugostat.ru/> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Электронный ресурс. URL: <https://www.gks.ru> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Официальный сайт Центрального статистического управления Латвии. Электронный ресурс. URL: <https://stat.gov.lv/> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- COVID-19 Dashboard. Electronic resource. URL: <https://www.arcgis.com/apps/dashboards/bda7594740fd40> (дата обращения: 7 ноября 2022).
- Natural Earth. Electronic resource. URL: <https://www.naturalearthdata.com/downloads/50m-cultural-vectors/> (дата обращения: 7 ноября 2022).

Список литературы

- Авдашкина И.Ф., Тупицына Н.Б. 2013. Медико-географическое картографирование на примере Могилевской области. В кн.: ГИС-технологии в науках о Земле. «ГИС-технологии в науках о земле» конкурс ГИС-проектов студентов и аспирантов вузов Республики Беларусь, 20 ноября 2013. Минск, Белорусский Государственный Университет: 81–83.
- Ахунов А.М. 2020. Пандемия COVID-19 как вызов для постсоветских стран Центральной Азии. *Международная аналитика*, 11(1): 114–128. DOI: 10.46272/2587-8476-2020-11-1-114-128
- Баланова Ю.А., Концевая А.В., Лукьянов М.М., Кляшторный В.Г., Кузнецов А.С., Калинина А.М., Бойцов С.А. 2015. Избыточная смертность населения в Москве в зимний период и ее экономическое значение в 2007–2014 гг. *Российский кардиологический журнал*, 20(11): 46–51. DOI: 10.15829/1560-4071-2015-11-46-51
- Глотов А.А. 2013. Медицинская ГИС – основа интегральной оценки благополучия региона. *Геоматика*, 3: 45–49.
- Зайцева А.И. 2018. Медицинская география как научное направление. В кн.: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 31 января – 02 февраля 2018. Оренбург, Оренбургский государственный университет: 978–981.
- Карпович О.Г., Литвинов В.О. 2020. Болезнь «X» меняет мир. Последствия пандемии COVID-19 для стран-участников СНГ. *Проблемы постсоветского пространства*, 7(3): 312–326. DOI: 10.24975/2313-8920-2020-7-3-312-326
- Кочуров, Б.И., Блинова Э.А., Ивашкина И.В. 2021. Развитие российских городов после пандемии COVID-19. *Региональные геосистемы*, 45(2): 183–193. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-183-193
- Куролуп С.А. 2017. Медицинская география на современном этапе развития. *Вестник Воронежского Государственного Университета. Серия: География. Геоэкология*, 1: 13–20.
- Левина Ю.С., Тесленок С.А. 2016. Геоинформационное картографирование распространения инфекционных заболеваний на территории административного района. В кн.: Геоинформационное картографирование в регионах России. Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. Воронеж, 20 декабря 2016. Воронеж, Научная книга: 58–62.
- Муштайкин, А.П., Рычкова О.В., Маскайкин В.Н. 2022. Картографирование избыточной смертности в районах Мордовии в 2020 году на фоне пандемии коронавируса. *Научное обозрение. Международный научно-практический журнал*, 3: 10.
- Тесленок К.С., Левина Ю.С., Тесленок С.А. 2016. Геоинформационное картографирование территориального распространения острых кишечных инфекций в целях обеспечения безопасности жизнедеятельности. В кн.: Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Волгоград, 17–18 ноября 2016. Волгоград, Волгоградский государственный университет: 245–251.
- Чистобаев А.И., Дмитриев В.В., Семёнова З.А., Огурцов А.Н., Грудцын Н.А. 2020. Интегральная оценка и картографическое моделирование общественного здоровья как индикатора качества жизни. *ИнтерКарто. ИнтерГИС*, 26(3): 91–104. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-3-26-91-104
- Шайкунова Р.Б., Тесленок С.А. 2017. Геоинформационно-картографический анализ обеспеченности медицинскими учреждениями территории г. Санкт-Петербурга. В кн.: Геодезия, Картография, Геоинформатика и Кадастры. От идеи до внедрения. Сборник материалов II международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 08–10 ноября 2017, СПб., Санкт-Петербургский государственный университет: 315–322.
- Brzezinski A., Kecht V., Van Dijke D., Wright A. 2021. Science Skepticism Reduced Compliance with COVID-19. *Nature Human Behaviour*, 5: 1519–1527. DOI: 10.1038/s41562-021-01227-0
- Lopes-Bueno J., Navas-Martin M., Diaz J., Miron I.J., Luna M.Y., Sánchez-Martínez G., Culqui D., Linares C. 2021. The Effect of Cold Waves on Mortality in Urban and Rural Areas of Madrid. *Environmental Sciences Europe*, 33: 72. DOI: 10.1186/s12302-021-00512-z.
- Moraes S., Almendra R., Barrozo L. 2022. Impact of Heat Waves and Cold Spells on Cause-Specific Mortality in the City of São Paulo, Brazil. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 239: 113952. DOI: 10.1016/j.ijheh.2021.113861
- Rustemeyr N., Howells M. 2021. Excess Mortality in England during the 2019 Summer Heatwaves. *Climate*, 9(1): 14. DOI: 10.3390/cli9010014



- Santos-Burgoa C., Sandberg J., Suárez E., Goldman-Hawes A., Zeger S., Garcia-Meza A., Pérez C.M., Estrada-Merly N., Colón-Ramos U., Nazario C.M., Andrade E., Roess A., Goldman L. 2018. Differential and Persistent Risk of Excess Mortality from Hurricane Maria in Puerto Rico: a Time-Series Analysis. *Lancet Planet Health*, 2(11): e478–e488. DOI: 10.1016/S2542-5196(18)30209-2
- Saulnier D.D., Green H.K., Ismail R., Chhorvann C., Bin Mohamed N., Waite T.D., Murray V. 2019. Disaster Risk Reduction: Why do We Need Accurate Disaster Mortality Data to Strengthen Policy and Practice? *Disaster Prevention and Management*, 28(6): 846–861. DOI: 10.1108/DPM-09-2019-0296
- Wang H. 2022. Estimating excess mortality due to the COVID-19 pandemic: a systematic analysis of COVID-19-related mortality, 2020–21. *The Lancet*, 399(10344): 1513–1536. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)02796-3
- Woolf H., Chapman D.A., Sabo R.T., Zimmerman E.B. 2021. Excess Deaths from COVID-19 and Other Causes in the US, March 1, 2020, to January 2, 2021. *JAMA*, 325(17): 1786–1789. DOI: 10.1001/jama.2021.5199

References

- Avdashkina I.F., Tupitsyna N.B. 2013. Mediko-geograficheskoe kartografirovanie na primere Mogilevskoj oblasti [Medico-Geographical Mapping by the Example of the Mogilev Region]. In: GIS-tekhnologii v nauках o Zemle [GIS-technologies in the Earth sciences]. "GIS-technologies in geosciences" competition of GIS-projects of students and graduate students of universities of the Republic of Belarus, 20 November 2013. Minsk, Publ. Belorussian State University: 81–83.
- Akhunov A.M. 2020. The Covid-19 Pandemic as a Challenge for Post-Soviet Central Asia Countries. *Journal of International Analytics*, 11(1): 114–128 (in Russian). DOI: 10.46272/2587-8476-2020-11-1-114-128
- Balanova Yu.A., Kontsevaya A.V., Lukianov M.M., Klyashtorny V.G., Kuznetsov A.S., Kalinina A.M., Boytsov S.A. 2015. Excessive Mortality in Winter in Moscow and Its Economic Value During the Years 2007–2014. *Russian Journal of Cardiology*, 20(11): 46–51. DOI: 10.15829/1560-4071-2015-11-46-51
- Glotov A.A. 2013. Medical GIS – the Basis of Region Safety Integrated Assessment. *Geomatics*, 3: 45–49 (in Russian).
- Zaytseva A.I. 2018. Medicinskaya geografiya kak nauchnoe napravlenie [Medical Geography as a Scientific Direction]. In: Universitetskiy kompleks kak regionalnyy tsentr obrazovaniya. nauki i kultury [University Complex as a Regional Center of Education, Science and Culture]. Materials of the All-Russian scientific and methodological conference, Orenburg, 31 January – 02 February 2018. Orenburg, Publ. Orenburg State University: 978–981.
- Karpovich O.G., Litvinov V.O. 2020. Disease “X” Changes the World. Consequences of Covid-19 Pandemic for CIS Member-Countries. *Post-Soviet Issues*, 7(3): 312–326 (in Russian). DOI: 10.24975/2313-8920-2020-7-3-312-326
- Kochurov B.I., Blinova E.A., Ivashkina I.V. 2021. Development of Russian Cities After the Covid-19 Pandemic. *Regional geosystems*, 45(2): 183–193 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-183-193.
- Kurolap S.A. 2017. Medical Geography at the Present-Day Stage of Development. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, 1: 13–20 (in Russian).
- Levina Yu.S., Teslenok S.A. 2016. Geoinformacionnoe kartografirovanie rasprostraneniya infekcionnyh zabolevanij na territorii administrativnogo rajona [Geoinformation Mapping of the Spread of Infectious Diseases in the Territory of an Administrative District]. In: Geoinformatsionnoye kartografirovaniye v regionakh Rossii [Geoinformation Mapping in the Regions of Russia]. Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference. Voronezh, 20 December 2016. Voronezh, Publ. Nauchnaya kniga: 58–62.
- Mushtaykin A.P., Rychkova O.V., Maskajkin V.N. 2022. The Excess Mortality Mapping in Mordovia Districts in 2020 Against the Coronavirus Pandemic. *International Scientific and Practical Journal*, 3: 10 (in Russian).
- Teslenok K.S., Levina Yu.S., Teslenok S.A. 2016. Geoinformacionnoe kartografirovanie territorial'nogo rasprostraneniya ostryh kishhechnyh infekcij v celyah obespecheniya bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti [Geoinformation mapping of the territorial distribution of acute intestinal infections in order to ensure the safety of life]. In: Ekologicheskaya bezopasnost i okhrana okruzhayushchey sredy v regionakh Rossii: teoriya i praktika [Ecological safety and environmental protection in the regions of Russia: theory and practice]. Materials of the II All-Russian scientific and practical conference, 17–18 November 2016. Volgograd, Publ. Volgograd State University: 245–251.

- Chistobaev A.I., Dmitriev V.V., Semyonova Z.A., Ogurtsov A.N., Grudtcyn N.A. 2020. Integral Assessment and Cartographic Modeling of Public Health as an Indicator of Life Quality. *InterKarto. InterGIS*, 26(3): 91–104 (in Russian). DOI: 10.35595/2414-9179-2020-3-26-91-104
- Shajkunova R.B., Teslenok S.A. 2017. Geoinformation-Cartographic Analysis Security of Medical Institutions Territory of St. Petersburg. In: *Geodeziya. Kartografiya. Geoinformatika i Kadastry. Ot idei do vnedreniya* [Geodesy, Cartography, Geoinformatics and Cadastres. From Idea to Implementation]. Proceedings of the II International Scientific-Practical Conference, St. Petersburg, 08–10 November 2017. St. Petersburg, Publ. St. Petersburg State University: 315–322 (in Russian).
- Brzezinski A., Kecht V., Van Dijke D., Wright A. 2021. Science Skepticism Reduced Compliance with COVID-19. *Nature Human Behaviour*, 5: 1519–1527. DOI: 10.1038/s41562-021-01227-0
- Lopes-Bueno J., Navas-Martin M., Diaz J., Miron I.J., Luna M.Y., Sánchez-Martínez G., Culqui D., Linares C. 2021. The Effect of Cold Waves on Mortality in Urban and Rural Areas of Madrid. *Environmental Sciences Europe*, 33: 72. DOI: 10.1186/s12302-021-00512-z
- Moraes S., Almendra R., Barrozo L. 2022. Impact of Heat Waves and Cold Spells on Cause-Specific Mortality in the City of São Paulo, Brazil. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 239: 113952. DOI: 10.1016/j.ijheh.2021.113861
- Rustemeyr N., Howells M. 2021. Excess Mortality in England during the 2019 Summer Heatwaves. *Climate*, 9(1): 14. DOI: 10.3390/cli9010014
- Santos-Burgoa C., Sandberg J., Suárez E., Goldman-Hawes A., Zeger S., Garcia-Meza A., Pérez C.M., Estrada-Merly N., Colón-Ramos U., Nazario C.M., Andrade E., Roess A., Goldman L. 2018. Differential and Persistent Risk of Excess Mortality from Hurricane Maria in Puerto Rico: a Time-Series Analysis. *Lancet Planet Health*, 2(11): e478–e488. DOI: 10.1016/S2542-5196(18)30209-2
- Saulnier D.D., Green H.K., Ismail R., Chhorvann C., Bin Mohamed N., Waite T.D., Murray V. 2019. Disaster Risk Reduction: Why do We Need Accurate Disaster Mortality Data to Strengthen Policy and Practice? *Disaster Prevention and Management*, 28(6): 846–861. DOI: 10.1108/DPM-09-2019-0296
- Wang H. 2022. Estimating excess mortality due to the COVID-19 pandemic: a systematic analysis of COVID-19-related mortality, 2020–21. *The Lancet*, 399(10344): 1513–1536. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)02796-3
- Woolf H., Chapman D.A., Sabo R.T., Zimmerman E.B. 2021. Excess Deaths from COVID-19 and Other Causes in the US, March 1, 2020, to January 2, 2021. *JAMA*, 325(17): 1786–1789. DOI: 10.1001/jama.2021.5199

*Поступила в редакцию 05.09.2022;
поступила после рецензирования 05.10.2022;
принята к публикации 15.11.2022*

*Received September 05, 2022;
Revised October 05, 2022;
Accepted November 15, 2022*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Тесленок Сергей Адамович, кандидат географических наук, доцент кафедры геодезии, картографии и геоинформатики, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва, г. Саранск, Россия

Муштайкин Антон Павлович, аспирант 2-го года обучения направления «Науки о Земле», Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва, г. Саранск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sergei A. Teslenok, PhD of Geography, Associate Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Geoinformatics, Mordovian State University, Saransk, Russia

Anton P. Mushtaikin, postgraduate student of the 2nd year of study in the direction of «Earth Sciences», Mordovian State University, Saransk, Russia



УДК 551.4

DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-522-538

Геоморфологические ресурсы национального парка «Кисловодский»

¹ Матлахова Е.Ю., ¹ Еременко Е.А., ¹ Болысов С.И., ¹ Бредихин А.В.,
² Мишурицкий Д.В., ³ Абдуллаева И.В., ⁴ Шеремецкая Е.Д., ¹ Беляев В.Р.,
^{4,5} Гуринов А.Л., ¹ Деркач А.А., ¹ Иванов М.М., ¹ Фузеина Ю.Н.,
⁶ Журавлева В.И., ¹ Буркова А.А., ¹ Лобачева Д.М., ⁷ Шишкин В.С.

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова,

Россия, 119991, г. Москва, Ленинские Горы, 1;

² ГБОУ Школа № 57,

Россия, 119048, г. Москва, ул. Хамовнический Вал, 26;

³ ООО «НПК «МорТрансНииПроект»,

Россия, 127434, г. Москва, Дмитровское ш., 9Б стр. 1;

⁴ Институт географии РАН,

Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29;

⁵ Российский университет дружбы народов,

Россия, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6;

⁶ ГАОУ ДПО ЦПМ,

Россия, 119270, г. Москва, ул. Хамовнический Вал, 6;

⁷ ООО «ИГИИС»,

Россия, 107076, г. Москва, ул. Электрозаводская, 60;

E-mail: matlakhova_k@mail.ru

Аннотация. Основной целью проведенного исследования была оценка геоморфологических ресурсов национального парка «Кисловодский» для обеспечения безопасного и эффективного использования территории. Поставленная цель потребовала детального крупномасштабного изучения территории парка, которое было выполнено в ходе полевых работ и последующей обработки полученных данных. Рельеф на территории парка выступает как основа для строительства объектов инфраструктуры и как рекреационный ресурс (геолого-геоморфологические памятники). Для строительства используются в первую очередь наиболее безопасные с геоморфологической точки зрения субгоризонтальные структурные и флювиальные поверхности. В целом более 70 % площади парка характеризуется очень высокими (14,78 %), высокими (26,39 %) и средними (30,80 %) значениями интегрального показателя геоморфологической безопасности, что создает благоприятные условия для функционирования рекреационной системы. Оценка рекреационно-геоморфологического потенциала (РГП) показала, что потенциал развития рекреации, особенно природно-познавательной, в парке весьма высок. Многие геолого-геоморфологические памятники обладают высоким (Красные и Серые камни, Храм воздуха и др.), оптимальным (Красное Солнышко, Долина Роз, Стеклянная Струя и др.) и экстремальным (Красные Грибы, Хозяин Гор, Синие камни и др.) рекреационно-геоморфологическим потенциалом.

Ключевые слова: геоморфологические ресурсы, геолого-геоморфологические памятники, геоморфологическая безопасность, рекреационно-геоморфологический потенциал, национальный парк, Кисловодск

Благодарности: Работы выполнены в рамках темы госзадания №121040100323-5 «Эволюция природной среды в кайнозое, динамика рельефа, геоморфологические опасности и риски природопользования».

Для цитирования: Матлахова Е.Ю., Еременко Е.А., Болысов С.И., Бредихин А.В., Мишурицкий Д.В., Абдуллаева И.В., Шеремецкая Е.Д., Беляев В.Р., Гуринов А.Л., Деркач А.А., Иванов М.М., Фузеина Ю.Н., Журавлева В.И., Буркова А.А., Лобачева Д.М., Шишкин В.С. 2022. Геоморфологические ресурсы национального парка «Кисловодский». Региональные геосистемы, 46(4) 522–538. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-522-538

Geomorphological Resources of the Kislovodsk National Park

¹Ekaterina Yu. Matlakhova, ¹Ekaterina A. Eremenko, ¹Sergey I. Bolysov,
¹Andrey V. Bredikhin, ²Dmitry V. Mishurinskij, ³Ilona V. Abdullaeva,
⁴Elena D. Sheremetskaya, ¹Vladimir R. Belyaev, ^{4,5}Artem L. Gurinov,
¹Alexandra A. Derkach, ¹Maxim M. Ivanov, ¹Yulia N. Fuzeina, ⁶Victoria I. Zhuravleva,
¹Anna A. Burkova, ¹Daria M. Lobacheva, ⁷Vasily S. Shishkin

¹Lomonosov Moscow State University,
1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia;

²SBEI School № 57,

26 Khamovnichesky Val St, Moscow 119048 Russia;

³LLC «NPK «MorTransNiiProekt»,

1 building 9B Dmitrovskoe Sh, Moscow 127434, Russia;

⁴Institute of Geography, Russian Academy of Science,

29 Staromonetny Per, Moscow 119017, Russia;

⁵RUDN University,

6 Miklukho-Maklaya St, Moscow 117198, Russia;

⁶SAEI of Additional Education CTE,

6 Khamovnichesky Val St, Moscow 119270, Russia;

⁷LLC «IGIIS»,

60 Electrozavodskaya St, Moscow 107076, Russia;

E-mail: matlakhova_k@mail.ru

Abstract. The main purpose of the study was to estimate the geomorphological resources of the Kislovodsk National Park to ensure the safe and efficient use of the territory. The goal set required a detailed large-scale study of the park territory, which was carried out during the field work in the park and subsequent processing of the obtained data. The topography of the park is a basis for the construction of infrastructure facilities and also relief is a recreational resource (geomorphosites). For the building in the park the most geomorphologically safe sub-horizontal structural and fluvial surfaces are used. In general, more than 70 % of the park area is characterized by a very high (14.78 %), high (26.39 %) and medium (30.80 %) degree of geomorphological safety, which creates favorable conditions for the functioning of the recreational system. The estimation of the recreational-geomorphic potential (RGP) showed that the potential for the development of recreation, especially thematic, in the park is very high. Many geomorphosites have high (Red and Gray Stones, Air Temple, etc.), optimal (Red Sun, Rose Valley, Glass Stream, etc.) and extreme (Red Mushrooms, Master of the Mountains, Blue Stones, etc.) recreational-geomorphic potential.

Key words: geomorphological resources, geomorphosites, geomorphological safety, recreational-geomorphic potential, national park, Kislovodsk

Acknowledgements: This study was conducted within the framework of the state-ordered research theme of the Lomonosov Moscow State University, Department of Geomorphology and Paleogeography, No. 121040100323-5 “Evolution of the natural environment in the Cenozoic, topography dynamics, geomorphological hazards and risks of nature management”.

For citation: Matlakhova E.Yu., Eremenko E.A., Bolysov S.I., Bredikhin A.V., Mishurinskij D.V., Abdullaeva I.V., Sheremetskaya E.D., Belyaev V.R., Gurinov A.L., Derkach A.A., Ivanov M.M., Fuzeina Yu.N., Zhuravleva V.I., Burkova A.A., Lobacheva D.M., Shishkin V.S. 2022. Geomorphological Resources of the Kislovodsk National Park. Regional Geosystems, 46(4): 522–538 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-522-538



Введение

Национальный парк «Кисловодский» был создан в 2016 году на базе курортного парка, с этого момента начинается новейшая история его развития. Основным богатством города изначально являлись источники минеральных вод – кисловодского нарзана, благодаря которому территория обладает высоким бальнеологическим потенциалом. Однако, помимо лечебно-оздоровительного, возможно перспективное развитие и других видов рекреации, в том числе природно-познавательной.

Кисловодск относится к региону Кавказских Минеральных Вод. Город был основан и начал развиваться как курорт в начале XIX в., тогда же стали появляться первые прогулочные тропы в его окрестностях, началось создание курортного парка. Ко второй половине XIX в. Кисловодский курортный парк приобрел большую популярность, а в 1901 году здесь впервые в России был проложен маршрут для лечебной ходьбы – терренкур. На протяжении XX в. парк претерпевал неоднократные изменения, расширялся, приходил в упадок и восстанавливался, разные его части реконструировались [Национальный парк ..., 2022]. Последние изменения парка, реконструкции, обновление прогулочных троп, строительство новых объектов относятся уже к XXI в.

Объекты и методы исследования

Рельеф является основой ландшафта и, как следствие, выступает базисом для всех видов человеческой деятельности на любой территории. Рельеф может выступать и как ресурс (для строительства или рекреации), и как опасность (от характера рельефа зависит набор опасных процессов, происходящих на территории и влияющих на хозяйственную деятельность). В данной работе было решено сосредоточиться на рекреационно-геоморфологических свойствах рельефа национального парка «Кисловодский», определяющих функционирование этой рекреационной системы.

Целью исследования была оценка геоморфологических ресурсов национального парка «Кисловодский» для обеспечения безопасного и эффективного использования территории.

Изучение района Кавказских Минеральных вод началось с конца XVIII в. За прошедшее время накоплен значительный материал о геологии и геоморфологии региона в мелком и среднем масштабе; основные результаты этих исследований можно найти в работах Т.А. Мордвилко [1960], И.С. Щукина [1960], Н.А. Гвоздецкого [1963], Е.Е. Милановского [1968], И.Н. Сафронова [1969], Н.В. Короновского [1976], и других исследователей [Вирский, 1940; Паффенгольц, 1970; Требухова, 1982; Археология и краеведение ..., 1992; Рябов, 1992; Кузнецов, 2007; 2009; Малков и др., 2015; и др.], а также в обобщающих работах, таких как «Геология СССР» [1968], «Государственная геологическая карта...» [2004] и «Объяснительная записка...» к ней [2004], «Инженерная геология России» [Трофимов и др., 2013] и др. Однако оценка геоморфологических ресурсов национального парка «Кисловодский» потребовала детального крупномасштабного изучения его территории, которое было выполнено коллективом кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ в ходе полевых работ и последующей обработки полученных данных.

Геолого-геоморфологическое обследование территории парка позволило получить детальные сведения о геологическом строении, морфологии форм и генетических комплексов рельефа, современных экзогенных процессах, выявить и описать геолого-геоморфологические памятники. Также осуществлялось фотографирование, зарисовки и профилирование, привязка точек описания и положения памятников с помощью ручных GPS-приемников Garmin. Обработка полученных материалов дала возможность провести оценку геоморфологической безопасности территории, рекреационно-геоморфологического потенциала (РГП), составить детальные описания (паспорта) геолого-геоморфологи-

ческих памятников и схему их расположения, подготовить макеты буклета о рельефе и геологическом строении национального парка «Кисловодский» и путеводителя геолого-геоморфологической экскурсии [Мишурицкий и др., 2018].

Под геолого-геоморфологическими памятниками в статье понимаются уникальные с геоморфологической и/или геологической точки зрения объекты, либо характерные для территории формы рельефа естественного происхождения, интересные своим генезисом и морфологическим обликом, представляющие научную ценность и примечательные как объекты природно-познавательного туризма.

Результаты и их обсуждение

Общая геолого-геоморфологическая характеристика территории

Изучаемая территория располагается в южной части Пастбищного хребта и относится к моноклиальному низкогорному району северного макросклона Большого Кавказа. Город Кисловодск и национальный парк «Кисловодский» расположены в пределах межгорной депрессии с абсолютными отметками 750–900 м, ограниченной нижнемеловыми куэстами: Боргустанским хребтом (абсолютные высоты 1200–1300 м) на севере; Кабардинским хребтом (1300–1600 м) на юге и Джинальским хребтом (1200–1400 м) на востоке-юго-востоке. Сам парк расположен преимущественно в пределах юго-западного аструктурного склона Джинальского куэстового хребта. Абсолютные высоты в пределах территории парка изменяются от 750 до 1409 м. В днище Кисловодской котловины расположены долины рек Березовой, Аликоновки и Ольховки.

В тектоническом отношении территория приурочена к шовной зоне герцинской молодой Скифской плиты и Кавказского блока воздымающегося Альпийско-Гималайского складчатого пояса альпийской складчатости, в пределах Северо-Кавказской моноклинали – крупной тектонической структуры с характерным северо-восточным падением пластов преимущественно мезозойских пород (песчаники, известняки, аргиллиты и др.) мощностью до 600–700 м. Комплекс осложняется палеозойскими интрузивными образованиями, а на отдельных участках – и вулканическими комплексами.

Четвертичные отложения распространены фрагментарно, с переменной мощностью, наибольшей в речных долинах. Поверхности надпойменных террас, конусов выноса и водораздельных участков на значительной территории перекрыты лессовидными суглинками.

Изучаемая территория сильно расчленена, формы рельефа характеризуются различной морфологией и генезисом. Основные черты рельефа сформированы в ходе новейшей неоген-четвертичной истории эндогенными процессами (в первую очередь, тектоническими) и процессами комплексной денудации при ведущей роли флювиальных и склоновых процессов, интенсивность которых во многом определяется климатическими характеристиками территории.

В пределах национального парка были выделены следующие генетические типы рельефа (рис. 1): структурно-денудационный, флювиальный, склоновый, карстово-суффозионный, биогенный, антропогенный, а также формы рельефа комплексного происхождения. Редкими, а иногда и уникальными, для региона являются формы, созданные комплексной денудацией, широко распространенные в парке – ниши, гроты, денудационные останцы причудливой формы и разной окраски. Эти формы созданы при ведущей роли карстово-суффозионных процессов и выветривания, с участием корразии, эрозионных и гравитационных процессов.

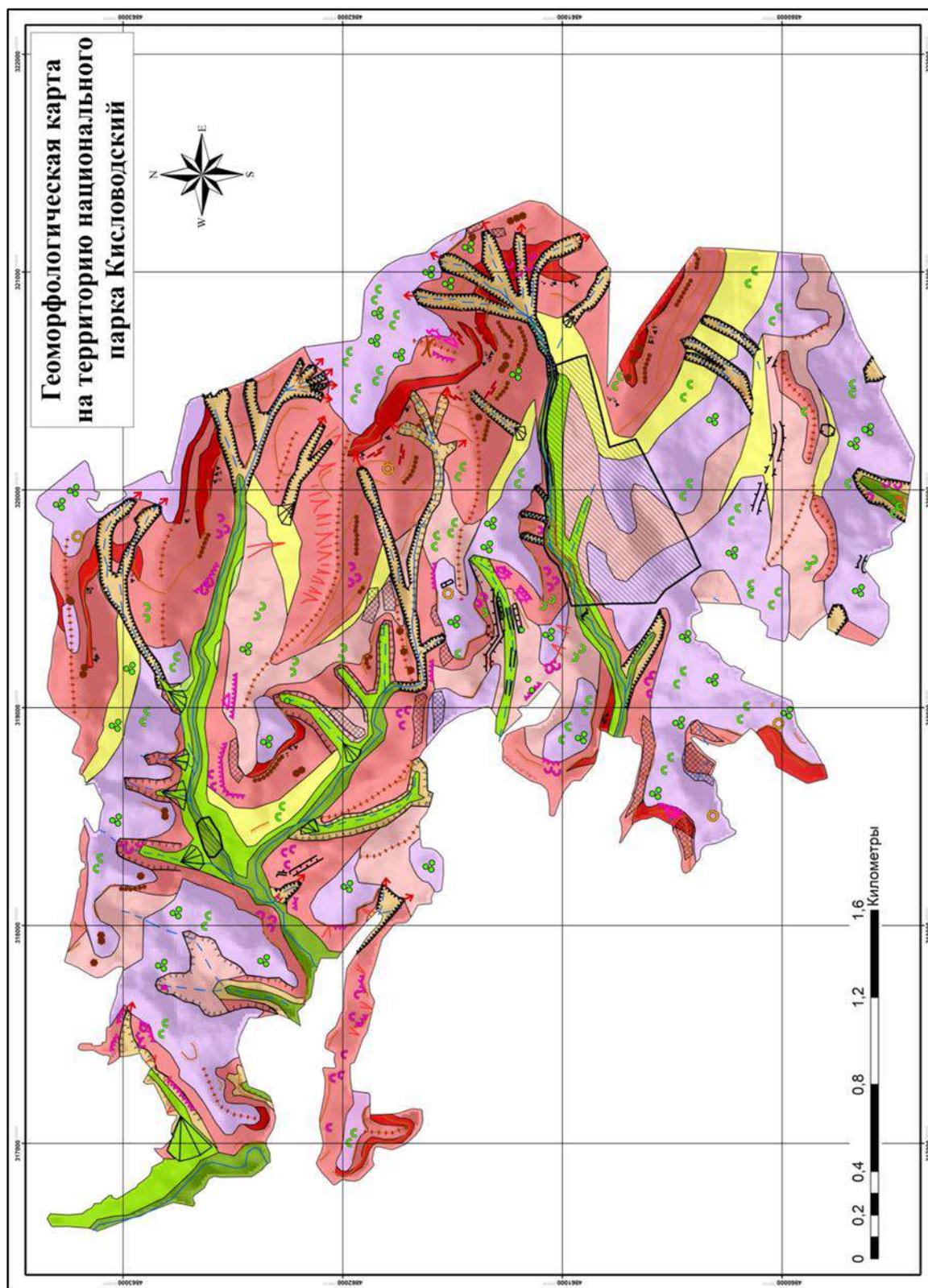


Рис. 1. Геоморфологическая карта на территорию национального парка «Кисловодский»
Fig. 1. Geomorphological map of the Kislovodsk National Park

Условные обозначения к геоморфологической карте



Геоморфологические ресурсы парка

Геоморфологические ресурсы национального парка «Кисловодский» можно разделить на две основные группы. Во-первых, рельеф как земельный ресурс – базис для строительства различных объектов на территории парка и в его окрестностях. Во-вторых, рельеф как рекреационный ресурс – собственно формы рельефа как геолого-геоморфологические памятники и объекты природно-познавательного туризма, как основа ландшафта, разнообразия и эстетической привлекательности территории и т.д.

Строительство в пределах национального парка, в связи с его особо-охраняемым природным статусом, возможно лишь на специально выделенных для этого территориях и преимущественно подчинено реализации различных рекреационных потребностей. С геоморфологической точки зрения наиболее пригодными для строительства являются поверхности с минимальными углами наклона. В пределах парка и его окрестностей это субгоризонтальные структурные и флювиальные поверхности (см. рис. 1).

Пространственная организация национального парка определяется геоморфологическим строением территории. Дорожки терренкуров проложены по самым показательным и аттрактивным (привлекательным), а также относительно безопасным элементам поверхности. Множество из них пролегает по водораздельным линиям гребней гор и возвышенностей, днищам балок и речных долин или вдоль структурных уступов на склонах. Планировочная структура национального парка и прилегающих к нему территорий г. Кисловодска (расположение пансионатов, кафе, культурных объектов, канатного подъемника, автомобильных дорог) также наследует наиболее выгодные в освоении элементы и формы рельефа. Крупные объекты инфраструктуры, такие как спортивные комплексы и гостиницы, обычно расположены на наиболее безопасных в геоморфологическом отношении субгори-



зонтальных вершинных поверхностях (структурные поверхности) или надпойменных террасах (флювиальные поверхности). Так, например, крупный спортивный комплекс у северо-восточной окраины парка (Южный федеральный центр спортивной подготовки, филиал в г. Кисловодске) был выстроен на структурной вершинной поверхности возле верхней станции канатной дороги. Комплекс занимает значительную площадь и включает в себя спортивные объекты (стадионы, бассейн, каток и др.), спортивно-оздоровительный и гостиничный комплексы.

Для оценки геоморфологической безопасности рекреационного типа природопользования в пределах национального парка была использована методика комплексной оценки геоморфологической безопасности, разработанная на кафедре геоморфологии и палеогеографии [Болысов и др., 2016; Еременко и др., 2021]. При полевом обследовании были выявлены ведущие опасные геоморфологические процессы, протекающие на территории парка: оползневые, обвально-осыпные, эрозионные и селевые процессы. Эти процессы потенциально могут угрожать его инфраструктуре (терренкуры, тропы, дороги, здания и сооружения), а в редких случаях здоровью и жизни людей.

При оценке геоморфологической безопасности для выделенных опасных процессов были учтены основные факторы их развития: крутизна и экспозиция поверхности, вертикальная расчлененность территории, характер поверхностных грунтов и растительности. Значения морфометрических показателей были получены с помощью цифровой модели рельефа (ЦМР). Основой ЦМР послужила топографическая карта с сечением рельефа 20 м, оцифрованная при помощи стандартных инструментов программы *ArcMap*. Часть показателей получена дешифрированием космических снимков *Bing Maps* с пространственным разрешением 5 м и взята с построенной по результатам исследований общей геоморфологической карты (см. рис. 1) [Мишурицкий и др., 2018].

Пространственная структура природных факторов, определяющих современную геоморфологическую динамику, была выявлена с помощью серии вспомогательных карт. При расчете интегрального показателя геоморфологической безопасности были введены весовые коэффициенты для частных показателей, определенные методом экспертной оценки.

Значения интегрального показателя, ранжированные и объединенные в пять качественных категорий (очень низкие, низкие, средние, высокие и очень высокие), были отражены на карте геоморфологической безопасности территории парка [Еременко и др., 2018].

Территории с очень высокими значениями интегрального показателя геоморфологической безопасности занимают 14,78 % общей площади национального парка (или 1,44 км²) и представляют собой субгоризонтальные структурные поверхности, а также пологие участки склоновых шлейфов и в некоторых случаях склоны крутизной 4–15°. Участки с высокими значениями интегрального показателя занимают 26,39 % (2,57 км²) от площади территории, в основном это склоны крутизной 4–15° южных экспозиций, отдельные структурные поверхности с разреженной растительностью, поверхности надпойменных террас. Наибольшие площади в парке занимают участки со средними значениями интегрального показателя геоморфологической безопасности (30,80 % или 3 км² от общей площади), представленные вершинными структурными поверхностями с малыми уклонами, склонами долин северных экспозиций крутизной менее 35°, поверхностями днищ балок. На долю территорий с низкими и очень низкими значениями интегрального показателя приходится менее 30 % от общей площади (12,01 % или 1,17 км² – низкие, 16,20 % или 1,56 км² – очень низкие значения). В эти категории попадают днища долин (поймы), конусы выноса, склоны крутизной более 35°, а иногда и 15–35° (в том числе эрозионные склоны малых эрозионных форм), узкие распадающиеся вершинные поверхности с округлыми очертаниями в профиле [Еременко и др., 2018].

Анализ полученных данных показал, что основным значимым фактором, влияющим на интенсивность морфолитогенеза на территории парка, являются крутизна и экспозиция скло-

нов. Более 70 % его площади характеризуется очень высокими, высокими и средними значениями интегрального показателя геоморфологической безопасности, что создает благоприятную обстановку для территориального развития рекреационной инфраструктуры.

Наряду с исследованием геоморфологической безопасности Кисловодского национального парка был исследован вопрос рекреационно-геоморфологической привлекательности территории путем выявления пространственного положения уникальных природных объектов – геолого-геоморфологических памятников, их строения и происхождения. Среди таких объектов можно отметить: множество ниш и гротов, в отдельных из которых в начале прошлого века были вырезаны барельефы; своеобразные останцы, похожие на грибы с шапками, иногда окрашенные в красно-бордовые тона в результате процессов выветривания; большое количество уступов, преобразованных деятельностью воды и ветра в испещренные маленькими полостями стены; водопады и глубокие каньоны с нависающими скальными бортами. Все эти формы рельефа наглядно раскрывают механизмы природных процессов, формирующих облик северного макросклона Большого Кавказа. Также здесь присутствует большое количество возвышающихся над окружающей территорией форм рельефа, с которых открывается обзор на весь национальный парк и город Кисловодск, на Эльбрус и Главный Кавказский хребет, и которые могут быть превращены в оборудованные смотровые площадки, с расположенными на них материалами, содержащими научно обоснованную информацию о природных объектах окружающего морфологического ландшафта и уникальных формах рельефа, которыми так богат парк.

В настоящее время в пределах Кисловодского парка нет официально зарегистрированных памятников природы регионального значения: ранее входившая в эту категорию группа скал «Красные камни» [Годзевич, 2009; Об утверждении перечня ..., 2013] потеряла свой статус памятника природы в 2018 году [Особо охраняемые природные ..., 2022]. В связи с этим одной из задач проведенного исследования было подробное описание и каталогизация геолого-геоморфологических памятников (на территории парка было выделено более 20 «памятников» как объектов, обладающих природной и историко-культурной уникальностью, но не «памятников природы» в юридическом понимании), составление карты их расположения и подготовка путеводителя геолого-геоморфологической экскурсии. Проведенные работы по описанию геолого-геоморфологических памятников могут позволить поставить вопрос о включении некоторых из них в официальный перечень памятников природы регионального значения в дальнейшем.

Разнообразие, уникальность, эстетические свойства и, как следствие, привлекательность рельефа всегда составляли основу общей рекреационной привлекательности территории. Рельеф во многом определяет комфортность условий рекреационной деятельности, отвечает за распределение тепла и влаги, растительных сообществ, выступает основой ландшафта в целом.

Рассматривая взаимодействие рельефа и рекреации, следует говорить об особом «рекреационно-геоморфологическом пространстве», представляющем собой территорию, в пределах которой рельеф, обладающий собственной структурой, выполняет различные рекреационные функции и влияет на сохранение и развитие конкретной рекреационно-геоморфологической системы [Бредихин, 2010]. Ключевой является оценка аттрактивности (привлекательности) рельефа и его безопасности для функционирования рекреации.

В качестве обобщенного показателя, наиболее информативно представляющего рекреационную пригодность территории, выступает рекреационно-геоморфологический потенциал (РГП) – характеристика, получаемая путем анализа полей значений аттрактивности и безопасности (рис. 2).

Геоморфологические, геолого-геоморфологические и геологические памятники различного масштаба представляют собой аттрактивные и информационные ядра рекреационно-геоморфологической системы Кисловодского национального парка. Их геоморфологическая позиция определяет внутреннюю пространственную организацию познавательной и прогулочно-созерцательной рекреации.



Рис. 2. Подход к оценке рекреационно-геоморфологического потенциала [Бредихин, 2010]
 Fig. 2. The approach to assessing the recreational-geomorphological potential [Bredikhin, 2010]

Методика оценки рекреационно-геоморфологического потенциала для выделенных геолого-геоморфологических памятников базировалась на пяти основных критериях: научная и образовательная значимость, доступность объекта, его культурная и эстетическая значимость. Все показатели определялись участниками экспедиции в полевых условиях по заранее подготовленным анкетам (экспертная оценка). Далее при камеральной обработке данных результаты полевой экспертной оценки были обобщены в балльном комплексном показателе аттрактивности [Мишурицкий и др., 2018].

Оценка научной значимости конкретного памятника рассчитывалась на основе четырех показателей, отмеченных при полевых исследованиях. Каждому памятнику присуждалось от 0 до 5 баллов геоморфологической, геологической, палеогеографической и экологической значимости объекта, из которых в итоге рассчитывалась научная значимость. Итоговая научная значимость памятника выражалась в экспертной оценке по пятибалльной шкале.

Расчет эстетики геолого-геоморфологического памятника производился на основе трех составляющих: обзорность окружающего пространства, аттрактивность самого памятника и разнообразие морфологического ландшафта. Обзорность с объекта выражалась в баллах в зависимости от угла обзора: 0–60° принималось за 0 баллов, 60–120° – 1 балл, 120–180° – 2 балла, 180–240° – 3 балла, 240–300° – 4 балла, 300–360° – 5 баллов. Аттрактивность памятника и контрастность обстановки определялись экспертами на качественном уровне и оценивались также по 5-балльной шкале.

Доступность объекта зависела преимущественно от удаленности от туристических троп – терренкуров. Поправочными коэффициентами были уточнены случаи нахождения объекта близ двух дорожек одновременно.

Образовательная значимость также определялась путем экспертной оценки и складывалось из количества возможных целей посещения рекреантами конкретного памятника.

Культурное значение объекта определялось в ходе анализа официальной туристической информации и карты парка, а также литературных источников и интернет-ресурсов (упоминание памятника в легендах, исторических очерках, заметках и др.). Если объект был отмечен в путеводителях, имел связанную с ним историю, легенду или был культурно известным памятником, то ему присваивался балл от 4 до 5, в зависимости от популярности. Если объект удален от туристических троп, ранее не упоминался в печатных и интернет-источниках, он оценивался от 1 до 3 баллов по возможной культурной аттрактивности.

На основе вышеописанных критериев для каждого памятника была построена роза-диаграмма с пятью лучами, отвечающими каждому из критериев. Площадь получившейся фигуры на диаграмме закрашивалась в цвет преобладающего рельефообразующего процесса (флювиальные, склоновые, антропогенные, суффозионно-эоловые, выветривание или процессы комплексной денудации), сформировавшего данный природный или культурный объект (рис. 3).

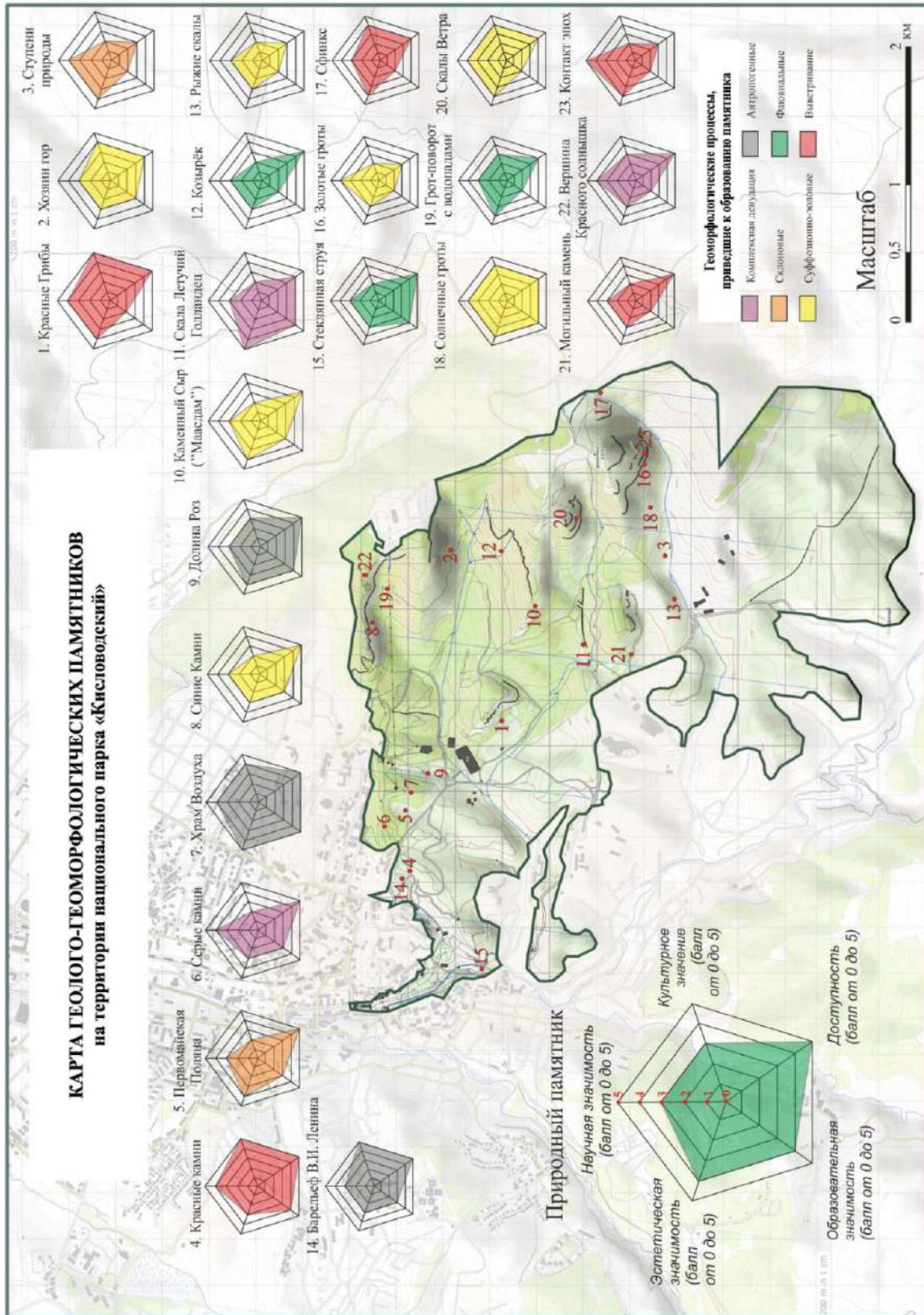


Рис. 3. Карта геолого-геоморфологических памятников на территории национального парка «Кисловодский»
 Fig. 3. Map of the geomorphosites (geological and geomorphological monuments) on the territory of the Kislovodsk National Park



Для определения рекреационно-геоморфологического потенциала территории использовалась матрица, изображенная на рис. 2. На горизонтальную ось были перенесены значения геоморфологической безопасности, которые были рассчитаны по карте геоморфологической безопасности Кисловодского национального парка; для каждого памятника присваивался один из пяти уровней (очень низкий, низкий, средний, высокий и очень высокий). По вертикальной оси откладывался показатель аттрактивности, величина которого определялась по площади закрашенной фигуры на розах-диаграммах. Для выделенных памятников она составила от 3 до 5.

Таким образом, для выделенных геолого-геоморфологических памятников был определен рекреационно-геоморфологический потенциал памятника: при низких и очень низких значениях безопасности и высокой аттрактивности присваивался экстремальный показатель РГП, при тех же показателях безопасности, но низкой аттрактивности – недостаточный РГП, при средних значениях безопасности и высокой аттрактивности – оптимальный, в то же время при низкой аттрактивности – низкий, при высоком и очень высоком уровне безопасности и высокой аттрактивности – высокий РГП, а при таких же значениях геоморфологической безопасности, но низкой аттрактивности – среднее значение РГП.

На основании проведенных исследований было выявлено, что высоким рекреационно-геоморфологическим потенциалом обладает небольшая группа памятников с выраженной культурной значимостью: Красные камни, Храм воздуха, Серые камни, Балка «70 лет Победы». Оптимальным РГП обладают памятники с менее выраженной культурной составляющей, но в большинстве своем хорошо известны посетителям парка: Красное Солнышко, Долина Роз, Стеклянная Струя, Сфинкс, Скала Летучий Голландец. Для памятников с высоким и оптимальным РГП характерны малодинамические геоморфологические процессы (дефлюкция, дефляция, выветривание, комплексная денудация, антропогенные), которые не могут нанести существенный ущерб памятнику или туристам.

Экстремальным РГП обладают памятники, имеющие высокую аттрактивность (эстетическую, познавательную и др.), но при этом расположенные в районах активного развития опасных геоморфологических процессов, таких как оползни, обвалы, отседание, интенсивная глубинная или боковая эрозия и др. К памятникам с экстремальным РГП относятся: Красные Грибы, Хозяин Гор, Синие камни, Маасдам, Козырек, Солнечные Гроты, Грот Поворот, Контакт Эпох.

Средним РГП обладают памятники с невысокой аттрактивностью, но безопасные для посещения за счет преобладания малодинамических геоморфологических процессов (выветривание, комплексная денудация); к этому классу относится барельеф В.И. Ленина.

К классам памятников с низким и недостаточным РГП относятся памятники, где развиты опасные геоморфологические процессы, а удаленность этих объектов от основных туристических маршрутов не позволяет посещать их всем категориям отдыхающих. При этом их аттрактивность по комплексу показателей уступает многим другим объектам в парке. Низким РГП обладают Рыжие скалы, Ступени природы, Могильный камень, недостаточным – Скалы ветра, Золотые гроты.

Результирующая картина говорит в целом о преобладании опасных геоморфологических процессов в наиболее аттрактивных местах национального парка. Это объясняется довольно простыми закономерностями. На уровень привлекательности объектов влияют такие критерии, как обзор с точки, разнообразие геологического строения, доступность и редкость форм рельефа. Именно эти факторы наиболее часто сочетаются на возвышенных участках и нередко приурочены к структурным уступам на склонах гор. Низкий уровень безопасности территории говорит о преобладании на конкретном участке опасных геоморфологических процессов, которые в большинстве своем являются склоновыми и зависят от крутизны и увлажненности поверхности. Таким образом, высоко аттрактивные природные памятники часто приурочены к наименее безопасным в геоморфологическом отношении участкам – бровкам отвесных уступов, гребням и др.

Опасные склоновые, флювиальные и другие процессы имеют очень низкую частоту встречаемости на территории. В связи с этим влияние данного фактора может быть несколько преувеличено при рассмотрении рекреационно-геоморфологического потенциала. «Экстремальное» значение практически не говорит об опасности посещения данного объекта туристом. Вероятность проявления оползневых, обвально-осыпных и прочих опасных процессов не значительна и в целом мало влияет на безопасность сегодняшнего рекреационного функционирования парка, за исключением редких экстремальных случаев, когда передвижение по терренкурам регулируется администрацией. Поэтому на показатель безопасности стоит ориентироваться в первую очередь руководству национального парка при перспективном планировании строительства и организации инфраструктуры.

Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

На территории национального парка «Кисловодский» геоморфологические ресурсы можно рассматривать с двух точек зрения: 1) рельеф как основа для строительства различных объектов и 2) рельеф как рекреационный ресурс и объект познавательного туризма. Рельеф во многом определяет пространственную организацию и функционирование парка.

Наиболее пригодными для строительства и размещения точечных и площадных объектов инфраструктуры являются устойчивые в инженерно-геоморфологическом отношении субгоризонтальные структурные и флювиальные поверхности (вершинные поверхности и надпойменные террасы соответственно). Они обладают наиболее высокой степенью геоморфологической безопасности и меньше всего подвержены воздействию опасных экзогенных процессов. В целом более 70 % площади парка характеризуется очень высокими (14,78 %), высокими (26,39 %) и средними (30,80 %) значениями интегрального показателя геоморфологической безопасности, что создает благоприятные условия для функционирования рекреационной системы. На долю территорий с низкими и очень низкими значениями интегрального показателя геоморфологической безопасности приходится менее 30 % от общей площади территории парка (12,01 % и 16,20 % соответственно).

В целом терренкуры и туристические тропы, проходящие по наиболее привлекательным местам, вдоль структурных уступов на склонах, по водораздельным линиям гребней и возвышенностей, либо по днищам балок и речных долин, спроектированы с учетом attractiveness окружающего морфологического ландшафта и в большинстве случаев соответствуют условиям безопасного рекреационного использования.

Оценка рекреационно-геоморфологического потенциала территории и отдельных геолого-геоморфологических памятников показала, что потенциал развития рекреации, особенно тематической (природно-познавательной), в парке весьма высок, но недостаточно реализован. В парке большое количество геолого-геоморфологических памятников с высоким, оптимальным и экстремальным РГП. Высокий рекреационно-геоморфологический потенциал имеют давно известные и наиболее посещаемые объекты, такие как Красные и Серые камни, Храм воздуха и некоторые другие. Оптимальным РГП обладают также хорошо известные объекты, но с менее выраженной культурной составляющей: Красное Солнышко, Долина Роз, Стеклянная Струя и другие. Экстремальный РГП имеют Красные Грибы, Хозяин Гор, Синие камни и другие.

Вовлечение геолого-геоморфологических памятников в рекреационную практику, с учетом представления туристу научно обоснованной информации, существенно расширит целевые предложения и увеличит эффективность рекреационной деятельности. При этом, проявления опасных склоновых, эрозионных, флювиальных и других процессов имеют незначительные проявления на территории и критически не ограничивают рекреационную активность, хотя и должны учитываться при перспективном планировании.



Благодарности

Авторский коллектив выражает благодарность студентам кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, принимавшим участие в экспедиционных исследованиях на территории национального парка «Кисловодский» в 2018–2020 гг.

Список источников

- Государственная геологическая карта Российской Федерации. 2004. Масштаб 1:200 000. Изд. № 2, Кавказская серия, листы К-38-I, VII (Кисловодск), Роснедра, Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральное агентство по природопользованию.
- Короновский Н.В. 1976. Краткий курс региональной геологии СССР. М., Изд-во Московского университета, 398 с.
- Национальный парк «Кисловодский». Электронный ресурс. URL: <http://kispark.ru> (дата обращения: 15.03.2022).
- Объяснительная записка к государственной геологической карте Российской Федерации. 2004. Масштаб 1:200 000. 2004. Изд. №2, Кавказская серия, листы К-38-I, VII (Кисловодск), Роснедра.
- Особо охраняемые природные территории России (ИАС «ООПТ РФ»). Электронный ресурс. URL: <http://oopt.aari.ru/oopt/> (дата обращения: 15.03.2022).
- Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий краевого значения в Ставропольском крае: Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края от 18.01.2013 г. № 14. Электронный ресурс. URL: http://oopt.aari.ru/sites/default/files/documents/ministerstvo-prirodnih-resursov-i-ohrany-okruzhayushchey-sredy-Stavropolskogo-kрая/N14_18-01-2013.pdf (дата обращения: 15.03.2022).
- Рябов Н.С. 1992. Изучение режима активизации экзогенных геологических процессов на территории р-на КМВ, Карачаево-Черкессии, Кабардино-Балкарии и Чечено-Ингушетии за 1988–1990 гг., Ессентуки, Севкавказгеология, 574 с.
- Требухова Т.М. 1982. Состав, условия формирования и ресурсы минеральных вод курортов КМВ. Месторождения углекислых минеральных вод курорта Кисловодск. Отчет по работам за 1979–82 гг. М., 977 с.
- Щукин И.С. 1960. Общая геоморфология. М., Изд-во МГУ, 564 с.

Список литературы

- Археология и краеведение Кавминвод (материалы 1-ой региональной конференции). 1992. Под ред. С.Н. Савенко. Кисловодск, Кисловодский филиал Ставропольского государственного объединенного краеведческого музея им. Г.К. Праве, Кавминводский научно-исследовательский филиал Ставропольского центра, Кисловодское краеведческое общество, 61 с.
- Болысов С.И., Бредихин А.В., Еременко Е.А. 2016. Комплексная мелкомасштабная оценка геоморфологической безопасности России. Вестник Московского университета. Серия 5: География, 2: 3–12.
- Бредихин А.В. 2010. Рекреационно-геоморфологические системы. Смоленск: Ойкумена, 328 с.
- Вирский А.А. 1940. Полюе формы рельефа нижнемеловых песчаников окрестностей Кисловодска. Проблемы физической географии, IX: 47–71.
- Гвоздецкий Н.А. 1963. Кавказ. М., Географгиз, 264 с.
- Геология СССР. Т. IX. Северный Кавказ. Ч. 1. Геологическое описание. 1968. М., Недра, 760 с.
- Годзевич Б.Л. 2009. Памятники природы Ставропольского края. Ставрополь, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края, 62 с.
- Еременко Е.А., Беляев Ю.Р., Болысов С.И., Мысливец В.И., Бредихин А.В. 2021. Новый подход к комплексной оценке рельефа для целей эффективного природопользования. Геоморфология, 52 (1): 19–32. DOI: 10.31857/S043542812101003X.
- Еременко Е.А., Шишкин В.С., Кедич А.И., Яковлева Е.С. 2018. Геоморфологическая безопасность территории национального парка «Кисловодский». В кн.: Геоморфология – наука XXI века.

- Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Барнаул, 24–28 сентября 2018. Барнаул, Изд-во Алтайского университета: 160–164.
- Кузнецов Р.С. 2007. Инженерно-геологические условия г. Кисловодска как градостроительный фактор. Вестник Томского государственного университета, 303: 226–229.
- Кузнецов Р.С. 2009. Инженерно-геологическое обоснование градостроительной деятельности на территории г. Кисловодска. Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета, 1: 30–34.
- Малков А.В., Першин И.М., Помеляйко И.С., Уткин В.А., Королев Б.И., Дубогрей В.Ф., Хмель В.В., Першин М.И. 2015. Кисловодское месторождение углекислых минеральных вод. М., Наука, 283 с.
- Милановский Е.Е. 1968. Новейшая тектоника Кавказа. М., Недра, 483 с.
- Мишурицкий Д.В., Абдуллаева И.В., Шеремецкая Е.Д., Матлахова Е.Ю., Омельченко Ю.Г., Шишкин В.С., Бредихин А.В., Разумный С.Д. 2018. Рекреационно-геоморфологический потенциал Национального парка «Кисловодский». В кн.: Геоморфология – наука XXI века. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Барнаул, 24–28 сентября 2018. Барнаул, Изд-во Алтайского университета: 271–278.
- Мордвилко Т.А. 1960. Нижнемеловые отложения Северного Кавказа и Предкавказья. М., Изд-во Академии наук СССР, 239 с.
- Паффенгольц К.Н. 1970. Очерк магматизма и металлогении Кавказа. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 434 с.
- Сафронов И.Н. 1969. Геоморфология Северного Кавказа. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 217 с.
- Трофимов В.Т., Калинин Э.В., Васильчук Ю.К. 2013. Инженерная геология России. Т. 2. Инженерная геодинамика территории России. Москва, Издательский дом КДУ, 816 с.

References

- Arheologija i kraevedenie Kavminvod (materialy 1-oj regional'noj konferencii) [Archeology and Local History of Kavminvod Region (Materials of the 1st Regional Conference)]. 1992. Ed. by S.N. Savenko. Kislovodsk, Publ. Kislovodskiy filial Stavropolskogo gosudarstvennogo obyedinennogo kraevedcheskogo muzeya im. G.K. Prave, Kavminvodskiy nauchno-issledovatel'skiy filial Stavropolskogo tsentra, Kislovodskoye kraevedcheskoye obshchestvo, 61 p.
- Bolysov S.I., Bredikhin A.V., Eremenko E.A. 2016. Integral Small-Scale Assessment of the Geomorphologic Safety of Russia. Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seria 5, Geografia, 2: 3–12 (in Russian).
- Bredikhin A.V. 2010. Rekreacionno-geomorfologicheskie sistemy. [Recreational-Geomorphic Systems]. Smolensk, Publ. Ojkumena, 328 p.
- Virsky A.A. 1940. Les Formes Creuses de Relief Des Gres de Cretace Inferieur Aux Environs de Kislovodsk. Problemy Fizicheskoy Geografii, IX: 47–71 (in Russian).
- Gvozdeckii N.A. 1963. Kavkaz [Caucasus]. Moscow, Publ. Geografiz, 264 p.
- Geologija SSSR. T. IX. Severnyj Kavkaz. Ch. 1. Geologicheskoe opisanie. [Geology of the USSR. T. IX. North Caucasus. Part 1. Geological Description]. 1968. Moscow, Publ. Nedra, 760 p.
- Godzevich B.L. 2009. Pamjatniki prirody Stavropol'skogo kraja. [Monuments of nature of the Stavropol Region]. Stavropol, Publ. Ministerstvo prirodnyh resursov i ohrany okruzhajushhej sredy Stavropolskogo kraja, 62 p.
- Eremenko E.A., Belyaev Y.R., Bolysov S.I., Myslivets V.I., Bredikhin A.V. 2021. A New Approach to Complex Relief Assessment for Effective Environmental Management. Geomorfologiya, 52(1): 19–32 (in Russian). DOI: 10.31857/S043542812101003X
- Eremenko E.A., Shishkin V.S., Kedich A.I., Jakovleva E.S. 2018. Geomorfologicheskaja bezopasnost' territorii nacional'nogo parka "Kislovodskij" [Geomorphological Safety of the Territory of the Kislovodsk National Park]. In: Geomorfologija – nauka XXI veka [Geomorphology is the Science of the XXI Century]. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, Barnaul, 24–28 September 2018. Barnaul, Publ. Altajskiy universitet: 160–164.
- Kuznetsov R.S. 2007. Engineering-Geological Conditions of Kislovodsk as the Town-Planning Factor. Tomsk State University Journal, 303: 226–229 (in Russian).



- Kuznetsov R.S. 2009. Inzhenerno-geologicheskoe obosnovanie gradostroitel'noj dejatel'nosti na territorii g. Kislovodsk [Engineering-Geological Substantiation of Urban Planning Activities on the Territory of Kislovodsk]. Vestnik Severo-Kavkazskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 1: 30–34.
- Malkov A.V., Pershin I.M., Pomelyaiko I.S., Utkin V.A., Korolev B.I., Dubogrej V.F., Khmel V.V., Pershin M.I. 2015. Kislovodsk Deposit of Carbonate Mineral Waters: System Analysis, Diagnosis, Prognosis, Management. Moscow, Publ. Nauka, 283 p. (in Russian).
- Milanovskii E.E. 1968. Novejshaja tektonika Kavkaza [The Latest Tectonics of the Caucasus]. Moscow, publ. Nedra, 483 p.
- Mishurinskij D.V., Abdullaeva I.V., Sheremeckaja E.D., Matlakhova E.Yu., Omel'chenko Ju.G., Shishkin V.S., Bredihin A.V., Razumnyj S.D. 2018. Rekreacionno-geomorfologicheskij potencial Nacional'nogo parka "Kislovodskij". [Recreational-Geomorphic Potential of the Kislovodsk National Park]. In: Geomorfologija – nauka XXI veka [Geomorphology is the Science of the XXI Century]. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, Barnaul, 24–28 September 2018. Barnaul, Publ. Altajskiy universitet: 271–278.
- Mordvilko T.A. 1960. Nizhnelovye otlozhenija Severnogo Kavkaza i Predkavkaz'ja. [Lower Cretaceous Deposits of the North Caucasus and Ciscaucasia]. Moscow, Publ. Akademii nauk SSSR, 239 p.
- Paffengolc K.N. 1970. Oчерк магматизма и металлогении Kavkaza [Essay on Magmatism and Metallogeny of the Caucasus]. Erevan, Publ. AN ArmSSR, 434 p.
- Safronov I.N. 1969. Geomorfologija Severnogo Kavkaza. [Geomorphology of the North Caucasus]. Rostov-na-Donu, Publ. Rostovskogo universiteta, 217 p.
- Trofimov V.T., Kalinin E.V., Vasilchuk Yu.K. 2013. Inzhenernaja geologija Rossii. T. 2. Inzhenernaja geodinamika territorii Rossii [Engineering Geology of Russia. V. 2. Engineering Geodynamics of the Territory of Russia]. Moscow, Publ. KDU, 816 p.

Поступила в редакцию 02.08.2022;

поступила после рецензирования 01.09.2022;

принята к публикации 14.11.2022

Received August 02, 2022;

Revised September 01, 2022;

Accepted November 14, 2022

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Матлахова Екатерина Юрьевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Еременко Екатерина Андреевна, кандидат географических наук, доцент кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Болысов Сергей Иванович, доктор географических наук, профессор кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ekaterina Yu. Matlakhova, Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Department of Geomorphology and Paleogeography of the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Ekaterina A. Eremenko, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geomorphology and Paleogeography of the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Sergey I. Bolysov, Doctor of Geographical Sciences, Professor of Department of Geomorphology and Paleogeography of the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia



Бредихин Андрей Владимирович, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой геоморфологии и палеогеографии географического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Andrey V. Bredikhin, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Department of Geomorphology and Paleogeography of the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Мишуринский Дмитрий Владимирович, учитель географии ГБОУ Школа № 57, г. Москва, Россия

Dmitry V. Mishurinskij, Geography Teacher, SBEI School №57, Moscow, Russia

Абдуллаева Илона Викторовна, главный специалист отдела инженерных изысканий, ООО «НПК «МорТрансНииПроект», г. Москва, Россия

Iona V. Abdullaeva, Main specialist of the department of engineering surveys of LLC «NPK «MorTransNiiProekt», Moscow, Russia

Шеремяцкая Елена Дмитриевна, главный специалист сектора информации и координации географических исследований Института географии РАН, г. Москва, Россия

Elena D. Sheremetskaya, Main Specialist of the Information and Coordination of Geographical Research Sector of the Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Беляев Владимир Ростиславович, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, НИЛ эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Vladimir R. Belyaev, Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Soil Erosion and Channel Processes named after N.I. Makkaveev of the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Гуринов Артем Леонидович, кандидат географических наук, младший научный сотрудник, РУДН; младший научный сотрудник лаборатории геоморфологии, Институт географии РАН, г. Москва, Россия

Artem L. Gurinov, Candidate of Geographical Sciences, Junior Researcher of the RUDN University; Junior Researcher of the Laboratory of Geomorphology of the Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Деркач Александра Александровна, кандидат географических наук, преподаватель кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Alexandra A. Derkach, Candidate of Geographical Sciences, assistant professor of Department of Geomorphology and Paleogeography of the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Иванов Максим Михайлович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник НИЛ эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева географического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Maxim M. Ivanov, Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Soil Erosion and Channel Processes named after N.I. Makkaveev of the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Фузеина Юлия Николаевна, кандидат географических наук, доцент кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Yulia N. Fuzeina, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of Department of Geomorphology and Paleogeography of the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia



Журавлева Виктория Игоревна, администратор дополнительного образования, ГАОУ ДПО ЦПМ, г. Москва, Россия

Victoria I. Zhuravleva, Administrator of Additional Education, SAEI of Additional Education CTE, Moscow, Russia

Буркова Анна Алексеевна, магистрант кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Anna A. Burkova, master student of the Department of Geomorphology and Paleogeography of the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Лобачева Дарья Максимовна, аспирант кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Daria M. Lobacheva, PhD student of the Department of Geomorphology and Paleogeography of the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Шишкин Василий Сергеевич, ведущий специалист, ООО «ИГИИС», г. Москва, Россия

Vasily S. Shishkin, Leading Specialist, LLC «IGIIS», Moscow, Russia

УДК 528.88
DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-539-554

Применение данных дистанционного зондирования Земли для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур

^{1,2} Шмидт И.В., ² Латыпова А.М., ² Царенко А.А.

¹ ФГБОУ ВО Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.,
Россия, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

² ФГБОУ ВО Вавиловский университет,
Россия, 410012, г. Саратов, Театральная пл., 1
E-mail: iv-schmidt@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются климатогеографические показатели космических исследований и данных дистанционного зондирования Земли ДЗЗ, что в настоящее время наиболее важно и ценно для землепользователей в связи с развитием цифровых технологий. Авторами рассмотрена и проанализирована территория учебного научно-производственного объединения аграрного вуза (местоположение, почвенные ресурсы, рельеф, кадастровые данные территории, данные дистанционного зондирования, урожайность сельскохозяйственных культур), представленная сельскохозяйственными угодьями (пашня, сенокос). В процессе исследования была создана цифровая кадастровая модель, включающая карту земельного массива землепользования с нанесением кадастровых данных, которая впоследствии послужила основой для анализа климатогеографических данных дистанционного зондирования (температура, влажность почвы, осадки, нормализованный вегетационный индекс), необходимых для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. В результате исследований была создана цифровая кадастровая модель территории сельскохозяйственных угодий, на ее основе и с помощью ДЗЗ сделан прогноз урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, территория, нормализованный вегетационный индекс (NDVI), климат, урожайность

Для цитирования: Шмидт И.В., Латыпова А.М., Царенко А.А. 2022. Применение данных дистанционного зондирования Земли для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. Региональные геосистемы, 46(4): 539–554. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-539-554

Application of Remote Sensing Data for Crop Yield Forecasting

^{1,2} Irina V. Shmidt, ² Anna M. Latypova, ² Aksana A. Tsarenko

¹ Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
77 Polytechnic St, Saratov 410054, Russia

² Saratov State Vavilov Agrarian University,
1 Theater Sq, Saratov 410012, Russia
E-mail: iv-schmidt@yandex.ru

Abstract. The article examines climatogeographic indicators of space research and Earth remote sensing data, which is currently most important and valuable for land users in connection with the development of digital technologies. The authors considered and analyzed the territory of the educational scientific production association of the agricultural university (location, soil resources, relief, cadastral data of the territory, remote sensing data, yield), represented by agricultural land (arable land, hayfields). During the study, a digital cadastral model was created, including a map of the land area of land use with the application



of cadastral data, which subsequently served as the basis for the analysis of climatogeographic data of remote sensing (temperature, soil moisture, precipitation, normalized growing index), necessary for predicting crop yields. As a result of the research, a digital cadastral model of the territory of agricultural land was created, on its basis and with the help of the DDZ, a forecast of crop yields was made.

Key words: remote sensing, territory, normalized growing index (NDVI), climate, yield

For citation: Shmidt I.V., Latypova A.M., Tsarenko A.A. 2022. Application of Remote Sensing Data for Crop Yield Forecasting. Regional Geosystems, 46(4): 539–554 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-539-554

Введение

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) широко распространены в сельском хозяйстве и помогают решать многие задачи, например, мониторинг земель сельскохозяйственного назначения, создание наглядной карты земельных угодий, определение их фактического использования и выявление неиспользуемых участков или участков нецелевого использования сельскохозяйственных угодий, в том числе и прогнозирование урожайности. В связи с этим исследование данных дистанционного зондирования в сельском хозяйстве является актуальным.

Анализ данных дистанционного зондирования Земли (климатогеографических условий) позволяет решить основную проблему – прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур [Михайленко, 2017]. Технология дистанционного зондирования позволяет отслеживать динамику их развития, условий вегетации, определять сроки созревания и оптимальные сроки начала уборки, проводить экономический анализ при минимальном и максимальном уровнях урожайности стабильно возможных для конкретных условий².

Правительством РФ реализуется целый комплекс мер, направленных на повышение устойчивости рынка зерна к агроклиматическим факторам. Создаются мероприятия по его регулированию с целью стабилизации обстановки внутри страны и повышения конкурентоспособности на мировом зерновом рынке. Системная поддержка отрасли включает в себя стимулирование к интенсивному внедрению цифровых технологий в производство и управление [Нейфельд и др., 2021].

Кроме того, Правительство РФ уделяет огромное внимание программе «Цифровая экономика», в рамках которой продлевается финансирование на проведение цифровой трансформации и внедрение искусственного интеллекта. Сфера агропромышленного комплекса также переходит на внедрение искусственного интеллекта. Особенно важно применять комплексное внедрение на разных уровнях. В связи с тем, что в Российской Федерации развита частная собственность на землю, применение цифровой экономики необходимо не только для государственных, но и для частных сельскохозяйственных территорий.

Применение данных дистанционного зондирования невозможно без понимания четких границ земельных участков. Первоначальной проблемой в использовании сельскохозяйственных земель стало создание цифровой кадастровой модели территории с учетом всех кадастровых характеристик.

Создание цифровой кадастровой модели всех сельскохозяйственных предприятий позволяет иметь цифровую картину всей территории муниципального образования, что положительно сказывается на эффективности управления. Для организации управления раз-

² О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы: Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203. Электронный ресурс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363/.

вitiем сельских территорий необходим сбор, анализ и формирование базы данных в специализированном программном обеспечении, то есть необходимо создание цифровой информационной модели [Царенко и др., 2019].

Однозначно следует согласиться с автором, что научно-технологический прорыв в сельскохозяйственном производстве невозможен без применения цифровых технологий точного земледелия (ТЗ), являющегося ключевым сегментом «умного сельского хозяйства». Развитие ТЗ, в свою очередь, требует более совершенной методологической и инструментальной базы информационного обеспечения новых технологий. Важнейшим ресурсом информационного обеспечения современных систем земледелия служат методы и средства дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [Якушев, 2019]. Именно поэтому в работе рассматриваются способы оперативного применения данных дистанционного зондирования для прогнозирования урожайности.

Предлагаемая цифровая кадастровая модель может стать основой для внедрения Геоинформационной системы агропромышленного комплекса Саратовской области, так как первоначальный и трудоемкий этап работы по внедрению цифрового сельского хозяйства предполагает формирование баз данных необходимой информацией и, прежде всего, полной базы данных и карты пахотных угодий, включающей все обрабатываемые и необрабатываемые поля [Воротников, Нейфельд, 2018].

Цель работы заключается в разработке и использовании цифровой кадастровой модели и данных дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве на территории сельскохозяйственного предприятия учебно-научно-производственного объединения «Поволжье» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова» (УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет) для внедрения цифровых технологий при прогнозировании урожайности.

При проведении научно-исследовательских работ были поставлены и решены следующие задачи:

- анализ земель территории УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет;
- создание цифровой кадастровой модели УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет;
- разработка системы прогнозирования с учетом статистической обработки данных дистанционного зондирования Земли.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования выступила часть земельно-имущественного комплекса аграрного вуза, а именно земельный фонд территории УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет, имеющий категорию «Земли сельскохозяйственного назначения» и представленный сельскохозяйственными угодьями – пашней и сенокосами.

Предметом исследования выступили климатогеографические показатели территории, полученные с помощью спутниковых систем зондирования Земли (нормализованный вегетационный индекс (NDVI), температура, влажность, осадки, урожайность), которые получены с помощью BEGA-Science (УНУ «BS ИКИ-Мониторинг»), предназначенного для решения научных задач изучения и мониторинга окружающей среды с использованием методов и технологий спутникового дистанционного зондирования [Данилушкина, 2020]. Суть метода дистанционного зондирования заключается в интерпретации результатов измерения электромагнитного излучения, которое отражается либо излучается объектом и регистрируется в некоторой удаленной от него точке пространства [Федулов и др., 2016; Мединников, Муратова, 2019].

Существуют различные технологии, когда используемые данные дистанционного зондирования применяются на основе различных методик, в том числе в ретроспективном



методе оценки качественного состояния сельскохозяйственных земель [Белорусцева, 2013; Данилушкина, 2020]. Методика оценки качественного состояния сельскохозяйственных земель с последующим пространственно-структурным моделированием прогнозного состояния исследуемой территории заключается в следующей последовательности выполняемых операций:

1. Исследование многолетней динамики состояния сельскохозяйственных угодий, подверженных процессам зарастания древесно-кустарниковой растительностью.
2. Параметризация качественных и количественных характеристик состояния исследуемой территории.
3. Классификация сельскохозяйственных земель по балльной шкале оценки качественных и количественных характеристик территории.
4. Оценка современной и потенциальной опасности зарастания сельскохозяйственных угодий [Белорусцева, 2013].

Авторы учли все эти параметры при анализе индекса NDVI.

BEGA-Science (УНУ «BS ИКИ-Мониторинг») предоставляет данные высокого и детального пространственного разрешения со следующих приборов и космических аппаратов: OLI/TIRS, OLI (Landsat-8); ETM+ (Landsat-7); TM (Landsat-4, Landsat-5); КМСС-101, КМСС-102 («Метеор-М» №1, «Метеор-М» №2); КМСС-50 («Метеор-М» №1, «Метеор-М» №2); Hyperion (EO-1); MSI (Sentinel-2A); МСС (Канопус-В, БКА); ПСС (Канопус-В, БКА); Геотон-П (Ресурс-П №1, 2); КШМСА-СР (Ресурс-П №1, 2); КШМСА-ВР (Ресурс-П №1, 2); ГСА-1, 2 (Ресурс-П №1, 2); ORBVIEW-3; PRISM (ALOS); AVNIR-2 (ALOS); ASTER. Композитные изображения позволяет отображать следующие продукты: композиты Landsat (весенние (за март – май); летние (за июнь – август); осенние (за сентябрь – ноябрь); панхроматические (по данным Landsat-8)); композиты MODIS за месяц; суточные композиты PROBA-V; суточные композиты LAI по MODIS; недельные композиты LAI по MODIS; недельные композиты NDVI по MODIS; маска снега по MODIS.

Обработка полученных числовых данных с платформы BEGA-Science и статистических данных за ряд лет сельскохозяйственного производства была выполнена в программном комплексе QGIS.

В качестве основных методов исследования применены методы взаимосвязей (индукция и дедукция, анализ и синтез), включающие в себя изучение научных и административных источников информации территории УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет. В качестве неформализованных методов исследования выступает преимущественно анализ полученных сведений, оценка информации из разных источников с применением приемов извлечения смысла. В работе применялись геоинформационные технологии обработки картографической и спутниковой информации.

В качестве количественных методов в работе применялся сбор числовых данных с территории хозяйства, на основании которых выполнялся анализ достоверных данных. При обработке статистическими методами выявили ряд закономерностей, которые помогли сделать выводы по исследованиям. Применение геоинформационной системы QGIS позволило методом моделирования создать цифровую кадастровую основу с совокупностью слоев по различным тематическим направлениям на исследуемую территорию.

Для расчета регрессионного анализа выбраны следующие показатели: в качестве зависимой переменной (Y) – урожайность озимой пшеницы, в качестве независимых переменных используются показатели спутниковых данных, такие как температура, влажность почвы в горизонте 40–100 см, осадки и NDVI. Материалами исследования выступают данные информационных источников.

Результаты и их обсуждение

Территория УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет расположена в Энгельском районе Саратовской области. Земельный массив территории представлен совокупностью участков, преимущественное число которых имеют формы прямоугольника, треугольника или трапеции, меньшее число составляют участки в форме неправильных многоугольников (как правило, они расположены вблизи оврагов или балок). Общая фактическая площадь хозяйства 5948,86 га, из которых пашня составляет – 5319,04 га.

Характер рельефа равнинный, на территории землепользования имеются овраги и балки. Крайняя северо-восточная и центральная части территории хозяйства отличаются умеренной расчлененностью, а рабочие участки на западе отличаются пологостью. Переход уклона уменьшается с востока на запад из-за расположения вблизи территории реки Волги – главного тальвега (рис. 1).

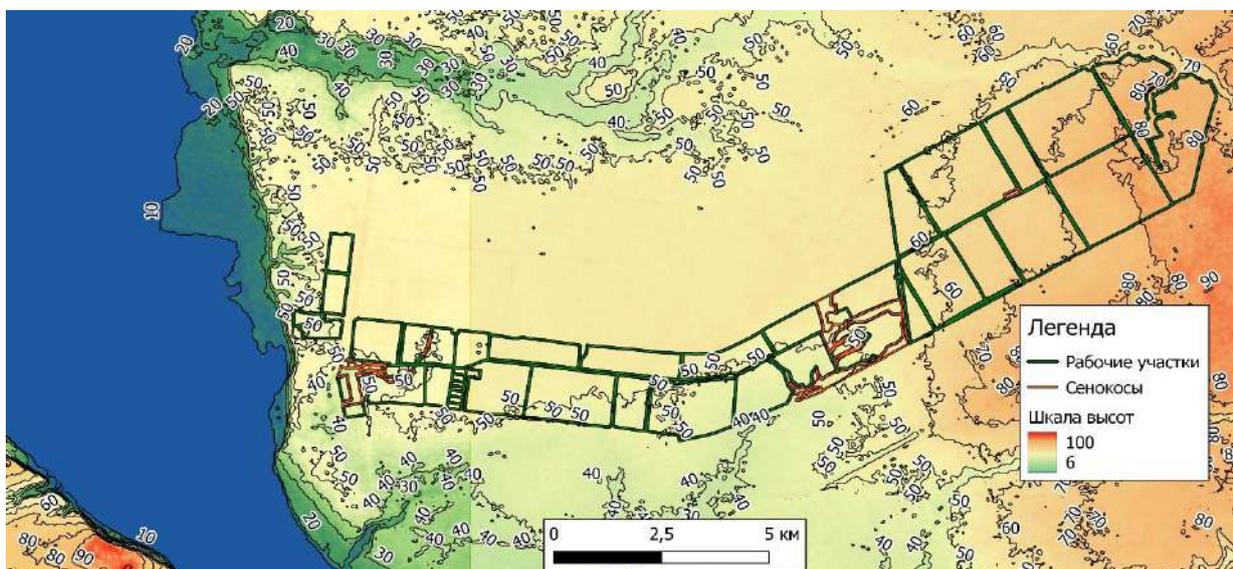


Рис. 1. Шкала высот рельефа территории
Fig. 1. Elevation scale of the relief of the territory

Согласно анализу территории УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет землепользование представлено совокупностью рабочих участков, которые имеют темно-каштановые и каштановые почвы.

Характер почвенного разнообразия, рельефа и климата позволяет определить растениеводство как основную отрасль сельского хозяйства на данной территории. Кроме того, погодные условия способствуют наиболее удачному ведению растениеводства, а также на территории отсутствуют существенные ограничения в области сельского хозяйства, связанные в том числе с зонами с особыми условиями использования территории.

Использование данных дистанционного зондирования Земли для прогнозирования урожайности сельскохозяйственной культуры напрямую связано с размещением рабочих участков и их местоположением в пространстве и на территории хозяйства. В связи с этим появилась необходимость создания цифровой кадастровой модели и внедрения ее в программный комплекс.

Согласно Федеральному закону №218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» границы земельных участков на местности должны совпадать с кадастровыми данными, находящимися в Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН) [Царенко, Шмидт, 2014]. В настоящем законе также говорится о том, что сведения, содержа-

щиеся в ЕГРН, являются общедоступными. В рамках законодательства для анализа территории УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет были заказаны кадастровые данные (КПТ №50-26715299 дата 14.10.2019 г. и КПТ №50-26715318 дата 14.10.2019 г.) кадастровых кварталов 64:38:010505 и 64:38:010504 соответственно.

Сведения о координатах земельных участках содержатся в ЕГРН в местной системе координат МСК-64. С помощью конвертера был произведен пересчет координат в систему координат WGS 84, которая используется при создании границ рабочих участков территории УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет. После чего координаты были обработаны в QGIS для исследования территории в соответствии с официальными достоверными кадастровыми данными (рис. 2).

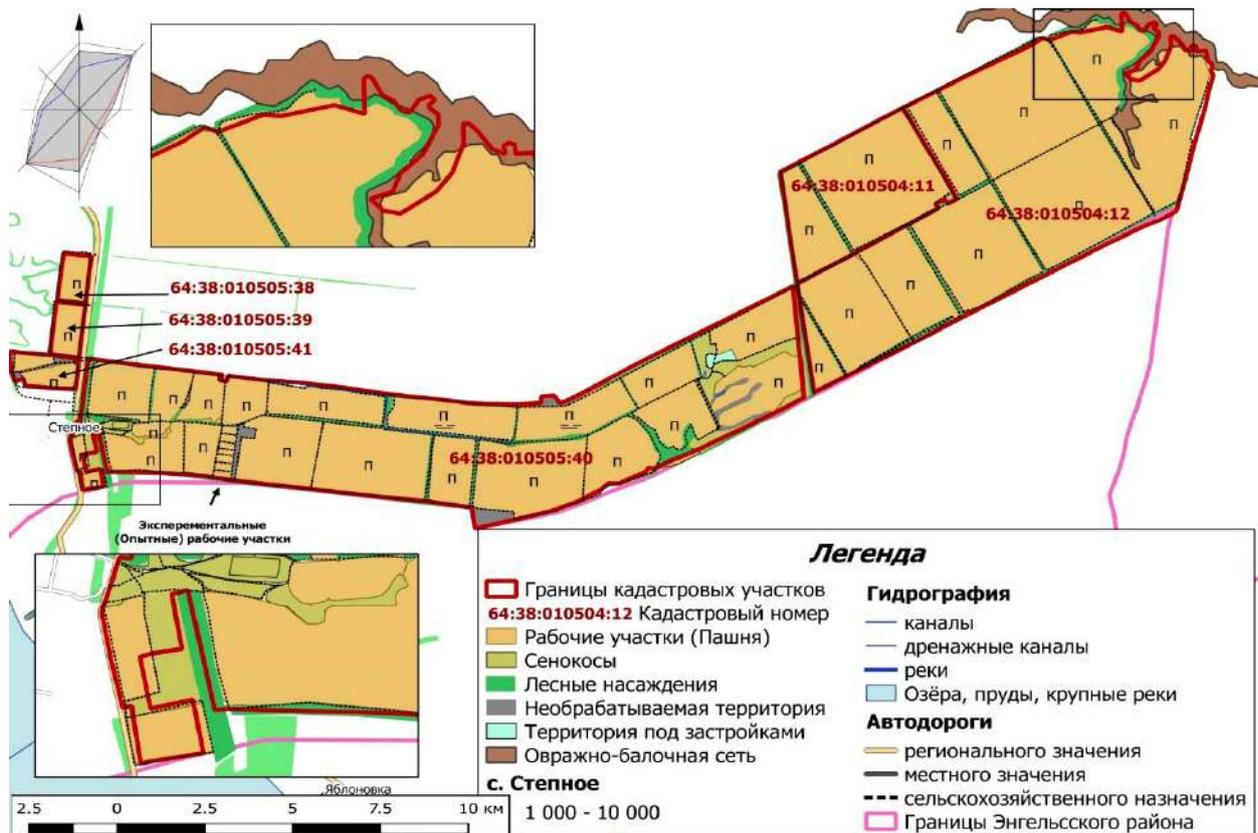


Рис. 2. Границы кадастровых участков территории
Fig. 2. The boundaries of the cadastral plots of the territory

Наложение границ цифровых кадастровых данных на фактически существующие границы территории УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет выявило несоответствия. В восточной части вблизи овражно-балочной сети используется территория за пределами границ земельного участка, стоящего на кадастровом учете. Площадь обрабатываемых земель, не относящихся к территории землепользования, согласно рассчитанному значению в программном обеспечении QGIS, равна 24,93 га. Земли в западной части земельного участка с кадастровым номером 64:38:010505:40 площадью 12,15 га также обрабатываются за его границами, что является нарушением. В совокупности территория хозяйства обрабатывает за пределами границ 37,08 га. Подробнее несоответствия использования территории видны на рис. 2 и в табл. 1.

Таблица 1
Table 1Экспликация земель УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет
Explication of lands UNPO "Povolzhye" FGBOU VO Vavilov University

№ п/п	Вид угодий	Площадь фактического использования, га	Площадь территории в соответствии с кадастровыми данными, га
1	Пашня	5319,04	5294,11
2	Сенокосы	228,69	216,54
2	Дороги	86,26	86,26
3	Лесные насаждения	268,91	268,91
4	Под прудами	0,86	0,86
5	Под застройками	15,30	15,30
6	Под оврагами	29,8	29,8
7	Неиспользуемые (прочие) земли	228,69	216,54
ИТОГО		5948,86	5911,78

Площадь территории УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет по достоверным кадастровым данным равна 5911,78 га, однако фактическая площадь хозяйства равна 5948,86 га. Суммарная разница площадей равна 37,08 га, что соответствует площади, занятой за границей земельного участка, принадлежащего УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

Данный правовой аспект может быть устранен путем проведения кадастровых работ в рамках уточнения местоположения границ земельных участков. На нашем примере видно несоответствие сведений ЕГРН о местоположении границ земельного участка и фактическом расположении объекта недвижимости.

В настоящее время при уточнении границ земельного участка их местоположение определяется исходя из сведений, содержащихся в документе, подтверждающем право на земельный участок, или при отсутствии такого документа, исходя из сведений, содержащихся в документах, определявших местоположение границ земельного участка при его образовании. В случае отсутствия в документах сведений о местоположении границ земельного участка его границами считаются границы, существующие на местности пятнадцать лет и более и закрепленные с использованием природных объектов или объектов искусственного происхождения, позволяющих определить местоположение границ земельного участка. Такое условие прописано в статье 22 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости».

Имеющиеся картографические материалы землепользования определяют границы территории исследуемого объекта. В состав земель на период проведения землеустройства 1985–1986 гг. входили только земельные участки с кадастровыми номерами 64:38:010505:40 и 64:38:010504:12. Информации о других земельных участках в данное время не было, поэтому уточнение границ выбранного земельного участка будет производиться на основании отсутствия сведений о границах земельного участка в ЕГРН по естественным границам. Именно основываясь на этих данных можно судить о законном использовании земель при организации сельскохозяйственной деятельности.

Учет кадастровых сведений при ведении цифрового хозяйства позволяет не только правильно перераспределить рабочие участки с учетом точного местоположения, но и учесть специфику расположения земель с особыми условиями использования территории, которые в отдельных случаях могут накладывать ограничения в их использовании. [Царенко, Шмидт, 2014].



Также цифровая кадастровая модель позволяет вести точное координирование на основе достоверных кадастровых данных с целью ограничения использования земель, не входящих в состав территории. Это позволяет исключить наличие спорных моментов с соседними землепользователями и уменьшить погрешность при прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур [Сальников, Тухина, 2018].

Для территории изучаемого землепользования были проанализированы климатические показатели и NDVI на земельных участках, где возделывали озимую пшеницу в период с 2015 по 2020 г. Озимая пшеница была выбрана для исследования, потому что является преобладающей в севообороте УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет. Для сбора озимой пшеницы наиболее важными месяцами является период апрель – июнь. Чтобы определить оптимальные сроки сбора урожая необходимо контролировать посев с начала периода молочно-восковой зрелости, поэтому весенние месяцы являются наиболее примечательными для данного анализа.

Температура способна напрямую воздействовать на урожайность за счет увеличения испарения влаги с поверхности и промерзания корневой системы культуры. Влажность почвы контролирует количество воды, которое просачивается в почву и пополняет грунтовые воды, а также воздействует на поверхностное водоотведение влаги в атмосферу. В работе было принято решение использовать влажность почвы в горизонте 40–100 см, это связано с тем, что нижние слои представляют собой запас влаги на перспективу, если возникнет потребность в ней для растения. Еще один показатель, который был исследован с помощью данных дистанционного зондирования Земли, – количество осадков. Для обобщения показателей и проведения анализа спутниковых данных был составлен сводный график показателей, влияющих на урожайность (рис. 3). Для составления графика климатических показателей территории УНПО «Поволжье» был использован ресурс Геопортала ИВМ СО РАН³.

Таким образом, при анализе графика было выявлено следующее: значения температуры и влажности почв имеют незначительные отклонения от среднего значения по всем годам. График осадков коррелирует с урожайностью, его изменения повторяют изменения урожайности в эти годы. Отклонение имеется в 2019 году. Связано это с большим количеством твердых осадков, выпадающих в первый месяц года.

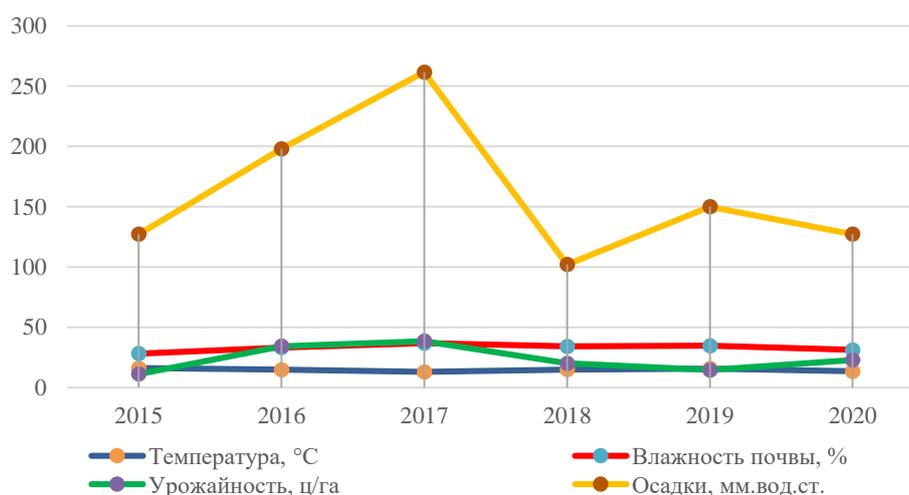


Рис. 3. Климатические показатели и урожайность на территории землепользования за 2015–2020 гг.

Fig. 3. Climatic indicators and yields in land use, 2015–2020

³ Геопортал ИВМ СО РАН. Влажность почвы. Электронный ресурс. URL: <http://ksc.krasn.ru> (дата обращения 9 октября 2021)

Появление новых методов дистанционного зондирования поверхности земли с возможностью измерять и обрабатывать различные участки спектра привело к новым показателям вегетационного периода роста растений. К ним относится нормализованный относительный индекс растительности NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), показатель количества активной биомассы и самый распространенный среди подобных ему индексов. Он используется в различных работах, связанных с дистанционным зондированием поверхности земли и растительного покрова. Накопленная в Институте космических исследований РАН и архивированная с 2000 года (с регулярностью 3–4 раза в неделю и разрешением 250 м) информация со всей территории России по этому индексу дала начало новому направлению исследований [Лупян, 2015; Кононенко и др., 2019].

Далее рассматривался индекс NDVI, представляющий собой отношение разности потоков отраженной от земной поверхности солнечной радиации в видимом и ближнем инфракрасном (БИКР) диапазоне к их сумме [Аввакумова, 2018] в зависимости от показателя урожайности (рис. 4).

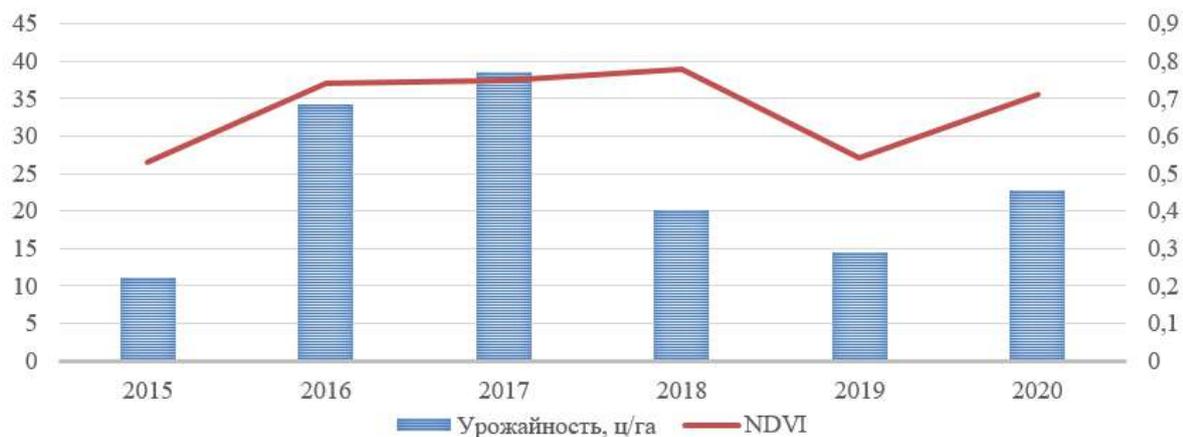


Рис. 4. Показатель NDVI и урожайность на территории землепользования за 2015–2020 гг.
Fig. 4. Geographical NDVI and yields in land use on 2015–2020

Таким образом, при исследовании зависимости NDVI территории и урожайности землепользования была выявлена прямая связь [Богомазов, Разина, 2019]. Изменения показателя NDVI повторили изменения урожайности в эти годы. Данные исследования подтверждаются работами других авторов: значения NDVI, измеренные с помощью ручного сенсора GreenSeeker, высоко коррелируют с урожайностью озимой пшеницы [Федулов и др., 2016].

Информацию по показателям NDVI нанесли на цифровую кадастровую основу территории хозяйства на весенний и летний периоды созревания (рис. 5, 6), что позволяет спрогнозировать развитие произрастания озимой пшеницы в текущем году и сделать выводы на последующие годы.

Для выявления корреляционно-регрессионной взаимосвязи урожайности от климатогеографических факторов и влияния NDVI на урожайность озимой пшеницы был проведен регрессионный анализ. Данная взаимосвязь объясняется уравнением регрессии.

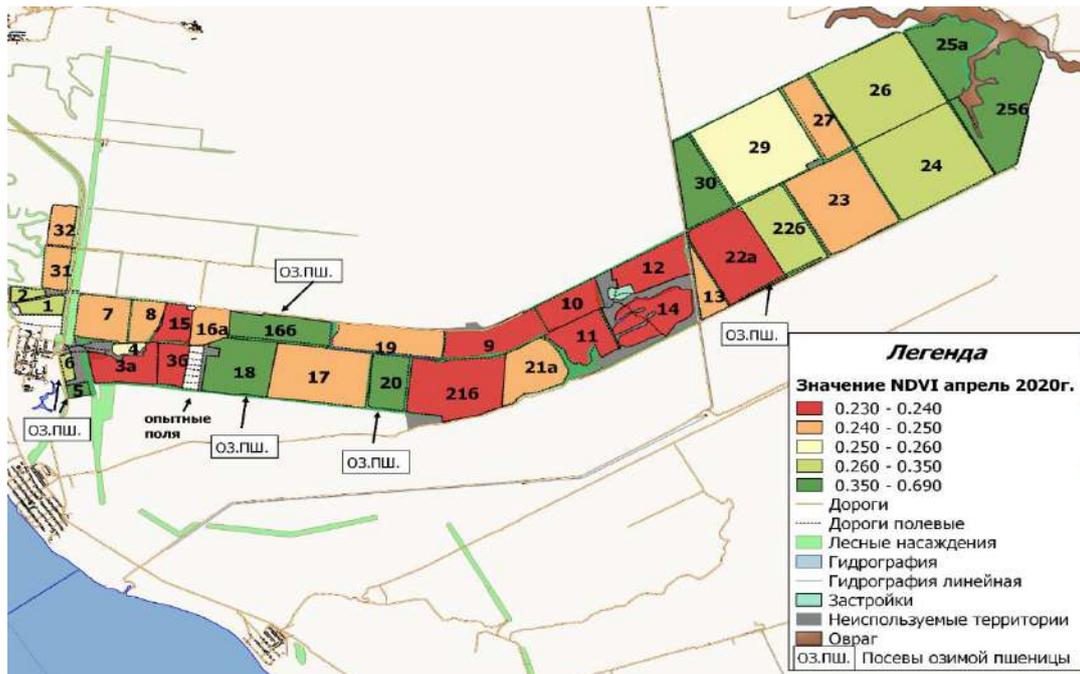


Рис. 5. Картограмма показателя NDVI в апреле 2020 года на территории УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет
 Fig. 5. Map of the indicator NDVI in the territory of UNPO «Volga region» FSBOU VO Vavilov University, April 2020

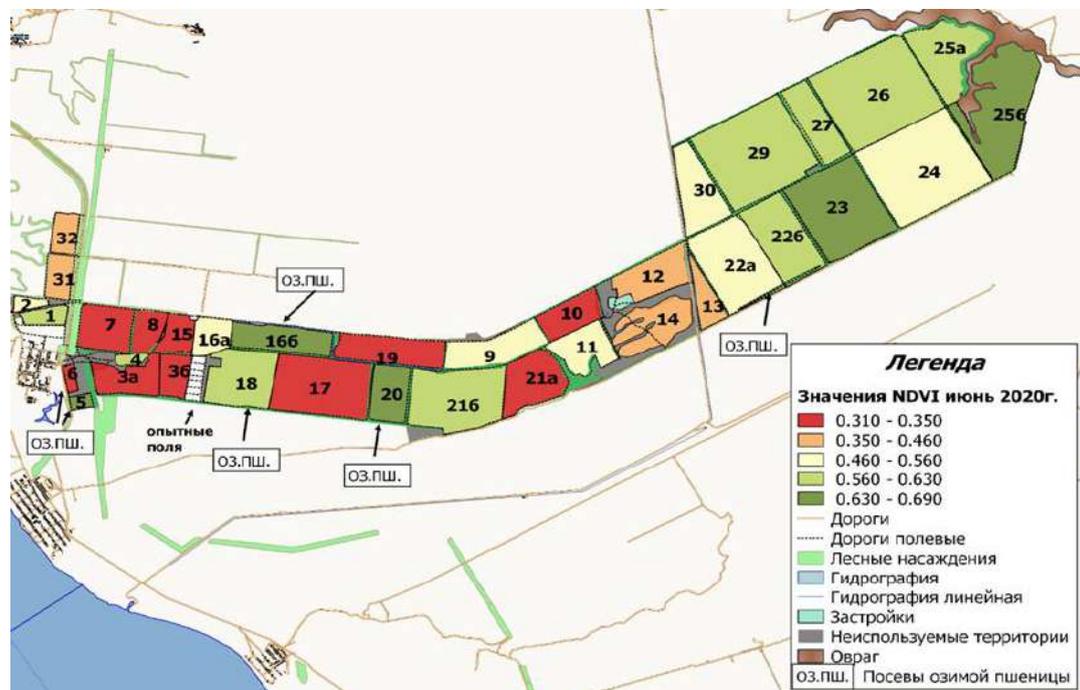


Рис. 6. Картограмма показателя NDVI в июне 2020 года на территории УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет
 Fig. 6. Map of the indicator NDVI in the territory of UNPO «Volga region» FSBOU VO Vavilov University, June 2020

Уравнение регрессии – это математическая формула, применяемая к независимым переменным, чтобы лучше спрогнозировать зависимую переменную, которую необходимо смоделировать [Абдурагимов, 2019; Аввакумова, 2020].

Регрессионный анализ для показателей данных дистанционного зондирования на территорию УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет представлен в табл. 2.

Анализ результатов выглядит следующим образом: R^2 – коэффициент детерминации, показывающий, что на 98,03 % расчетные параметры многофакторного анализа объясняют зависимость и изменения урожайности озимой пшеницы – Y от исследуемых климатогеографических факторов – X .

В данной модели использованы четыре показателя модели, соответственно, 4 коэффициента, которые характеризуют степень влияния. Температура в пределах данной модели влияет на число урожайности с весом 0,048 (это небольшая степень влияния), влажность почвы в слое 40–100 см в пределах данной модели влияет на число урожайности с весом – 0,395 (это небольшая степень влияния), знак «–» указывает на отрицательное влияние: чем больше влажность почв, тем меньше урожайность. Осадки в пределах данной модели влияют на урожайность с весом 0,135 (это небольшая степень влияния). Уровень NDVI в пределах данной модели влияет на число урожайности с весом 58,434, что соответствует высокому влиянию.

В результате получается следующее уравнение:

$$Y = -25,231 + 0,048 x_1 + (-0,395 x_2) + 0,135 x_3 + 58,434 x_4,$$

где Y – прогнозируемая урожайность озимой пшеницы;

x_1 – количество температуры за весенне-летний период созревания, °C;

x_2 – влажность почв в горизонте (40–100 см) за весенне-летний период созревания, %;

x_3 – осадки за весенне-летний период созревания озимой пшеницы, мм;

x_4 – показатель NDVI за весенне-летний период созревания.

В результате анализа многофакторной модели расчетные данные показали наибольшую важность применения во внимание индекс NDVI при прогнозировании урожайности [Pisman et al., 2015]. Связано это с высокой степенью влияния, рассчитанной в корреляционно-регрессионном анализе. Также из уравнения регрессии видно, что наибольшую точность по прогнозу урожайности возможно получить при учете совокупности зависимых показателей.

Важно то, что получить значение вегетационного индекса возможно по данным спутниковых систем оперативно, что позволяет проанализировать их и принять соответствующие меры. В случае получения значений NDVI меньше нормативной границы в определенный месяц необходимы различные мероприятия по повышению урожайности (орошение, дифференцированное внесение удобрений и т.д.).

В ходе разработки проекта было выявлено, что при организации производства озимой пшеницы становится важным оценить показатель NDVI в период апрель – июнь и другие климатические показатели для получения общей картины. Это позволит правильно спрогнозировать не только будущую урожайность, но и мероприятия для ее улучшения. Сам этап прогнозирования должен включать в себя все структурные элементы, такие как: сбор данных ДЗЗ, их обработка и анализ, а также анализ территории при создании цифровой кадастровой модели.



Таблица 2
Table 2

Регрессионный анализ урожайности озимой пшеницы
на территории УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет
Regression analysis of winter wheat yield in the territory
of UNPO «Volga Region» FSBOU VO Vavilov University

ВЫВОД ИТОГОВ								
<i>Регрессионная статистика</i>								
Множественный R			0,990					
R ²			0,980					
Нормированный R ²			0,902					
Стандартная ошибка			3,388					
Наблюдения			6					
<i>Дисперсионный анализ</i>								
Показатели	Степени свободы	Сумма квадратов отклонений	Дисперсия	F-статистика	Значимость F			
Регрессия	4	573,099	143,275	12,482	0,209			
Остаток	1	11,478	11,478	–	–			
Итого	5	584,578	–	–	–			
<i>Статистические показатели</i>								
Переменные	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
У-пересечение	– 25,231	44,680	– 0,565	0,673	– 592,939	542,476	– 592,939	542,476
Количество температуры за весенне-летний период созревания	0,048	2,049	0,023	0,985	– 25,986	26,082	– 25,986	26,082
Влажность почв в горизонте (40–100 см) за весенне-летний период созревания	– 0,395	0,693	– 0,570	0,670	– 9,197	8,407	– 9,197	8,407
Осадки за весенне-летний период созревания озимой пшеницы	0,135	0,037	3,640	0,171	– 0,335	0,605	– 0,335	0,605
Показатель NDVI за весенне-летний период созревания	58,434	21,474	2,721	0,224	– 214,421	331,288	– 214,421	331,288

Заключение

Таким образом, данные дистанционного зондирования Земли являются основой для прогнозирования урожайности на перспективу. Спрогнозировать наиболее вероятное значение урожайности возможно только при учете совокупности данных дистанционного зондирования Земли, от которых находится в прямой зависимости урожайность (NDVI, осадки, влажность почв, температура воздуха). В ходе работы были исследованы данные дистанционного зондирования Земли территории УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет с помощью статистических методов. В процессе исследования были выполнены все задачи. Произведен анализ территории УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловский университет с учетом рельефа местности, территориального расположения, типов почв и климатических данных. При анализе территории были созданы соответствующие картографические материалы. Была создана цифровая кадастровая модель с использованием достоверных кадастровых данных, что позволило выявить и перераспределить неиспользуемые, но пригодные земли для сельскохозяйственной обработки в качестве рабочих участков.

Рекомендации: при ведении сельскохозяйственной деятельности и возделывании культур на территории землепользования рекомендуется обратить внимание на показатель NDVI в период апрель – июнь, потому что его влияние на урожайность наиболее весомое и с помощью мониторинга данного показателя можно спрогнозировать не только будущую урожайность, но и мероприятия для ее увеличения.

Список литературы

- Абдурагимов Г.Э. 2019. Прогнозирование урожайности зерновых и зернобобовых культур с помощью методов регрессионного анализа. В кн.: Проблемы экологического образования в XXI веке. Труды III Международной научной конференции (очно-заочной), посвященной 100-летию Педагогического института, Владимир, 06 декабря 2019. Владимир, Владимирский государственный университет: 293–294.
- Аввакумова А.О. 2020. Математическое моделирование факторов эрозии почв на пахотных землях (на примере территории Республики Татарстан). Региональные геосистемы, 44(1): 5–15. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-1-5-15.
- Аввакумова А.О. 2018. Анализ динамики структуры землепользования на основании данных дистанционного зондирования Земли. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 42(2): 214–222. DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-2-214-222.
- Богомазов С.В., Разина А.Ю. 2019. Применение вегетационного индекса NDVI в мониторинге земель сельскохозяйственного назначения. В кн.: Организационно-методические аспекты повышения качества образовательной деятельности и подготовки обучающихся по программам высшего и среднего профессионального образования. Сборник статей Всероссийской (национальной) научно-методической конференции, Пенза, 04–05 декабря 2019. Пенза, РИО ПГАУ: 12–15.
- Белорусцева Е.В. 2013. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения Нечерноземья с применением ГИС-технологий. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Москва, 151 с.
- Воротников И.Л., Нейфельд В.В. 2018. Эффективность применения цифровых технологий в управлении земельными ресурсами муниципальных образований Саратовской области. Аграрный научный журнал, 6: 76–81. DOI: 10.28983/asj.v0i6.510.
- Данилушкина Э.И. 2020. Цифровые решения для сельского хозяйства. Современные инструменты, методы и технологии управления знаниями, 3: 61–65.
- Кононенко С.М., Старостина Т.В., Топоров В.М. 2019. Спутниковые данные в прогнозе урожайности пшеницы для районов Кемеровской области. Интерэкспо ГЕО-Сибирь, 4(1): 11–18. DOI: 10.33764/2618-981X-2019-4-1-11-18.
- Лузян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Балашов И.В., Барталев С.А., Ефремов В.Ю., Кашницкий А.В., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Суднева О.А., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. 2015. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 12(5): 263–284.



- Меденников В.И., Муратова Л.Г. 2019. Цифровая платформа дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве России. В кн.: Научно-техническое обеспечение агропромышленного комплекса в реализации государственной программы развития сельского хозяйства до 2020 года. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, Курган, 18–19 апреля 2019. Курган, Курганская ГСХА: 848–853.
- Михайленко И.М. 2017. Теоретические основы и техническая реализация управления агротехнологиями. СПб., Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 252 с.
- Нейфельд В.В., Кадомцева М.Е., Осовин М.Н. 2021. Мониторинг климатических изменений и их влияние на зерновое производство Саратовской области с использованием данных дистанционного зондирования. Аграрный научный журнал, 10: 35–41. DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp35-41.
- Сальников С.Г., Тухина Н.Ю. 2018. Геоинформационные системы как базовая система информационного обеспечения сельского хозяйства. Вестник московского гуманитарно-экономического института, 4: 100–103.
- Федулов Ю.П., Подушин Ю.В., Мязина А.Н., Чухиль А.А., Сафонова Т.Г. 2016. Связь нормализованного индекса вегетации (NDVI) с урожайностью посевов озимой пшеницы. В кн.: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2015 год, Краснодар, 09 февраля 2016. Краснодар, КубГАУ: 106–107.
- Царенко А.А., Шмидт И.В. 2014. Спектр задач, решаемых в сфере управления сельскими территориями на основе фактических данных кадастра недвижимости. Естественные и технические науки, 2(70): 139–142.
- Царенко А.А., Шмидт И.В., Латыпова А.М. 2019. Управление развитием сельских территорий на основе цифровой информационной модели. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 43(3): 263–275. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-3-263-275.
- Якушев В.П. 2019. Цифровые технологии точного земледелия в реализации приоритета «умное сельское хозяйство» России. Вестник российской сельскохозяйственной науки, 2: 11–15. DOI: 10.30850/vrsn/2019/2/11-15.
- Pisman T.I., Botvich I.Y., Sidko A.F. 2015. Assessment of Agroecosystem Productivity Based on Satellite Data and a Mathematical Model. Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies, 1(8): 133–140.

References

- Abduragimov G.E. 2019. Prediction of Yield Grain and Leguminous Crops in Regression Analysis. In: Problemy jekologicheskogo obrazovaniya v XXI veke [Problems of Environmental Education in the XXI Century]. Proceedings of the III International Scientific Conference (part-time) dedicated to the 100th anniversary of the Pedagogical Institute, Vladimir, 06 December 2019. Vladimir, Publ. Vladimirsij gosudarstvennyj universitet: 293–294 (in Russian).
- Avvakumova A.O. 2020. Mathematical Modeling of Soil Erosion Factors on Agricultural Lands (on the Territory of the Republic of Tatarstan). Regional Geosystems, 44(1): 5–15 (in Russian). DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-1-5-15.
- Avvakumova A.O. 2018. Land-Use Structure Dynamics Analysis Using the Earth Remote Sensing Data. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series, 42(2): 214–222 (in Russian). DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-2-214-222.
- Bogomazov S.V., Razina A.Y. 2019. Application of Vegetation Index NDVI in the Monitoring of Agricultural Land Appointments. In: Organizacionno-metodicheskie aspekty povyshenija kachestva obrazovatel'noj dejatel'nosti i podgotovki obuchajushhihsja po programmam vysshego i srednego professional'nogo obrazovaniya [Organizational and methodological aspects of improving the quality of educational activities and preparing students for programs of higher and secondary vocational education]. Collection of articles of the All-Russian (national) scientific and methodological conference, Penza, 04–05 December 2019. Penza, Publ. RIO PGAU: 12–15 (in Russian).



- Belorusceva E.V. 2013. Monitoring zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya Nechernozem'ja s primeneniem GIS-tehnologij [Monitoring of Agricultural Lands of the Non-Chernozem Region Using GIS Technologies]. Abstract. dis. ... cand. geogr. sciences. Moscow, 151 p.
- Vorotnikov I.L., Neyfeld V.V. 2018. The Efficacy of Digital Technology in Land Administration of Municipalities of the Saratov Region. The Agrarian Scientific Journal, 6: 76–81 (in Russian). DOI: 10.28983/asj.v0i6.510.
- Danilushkina E. I. 2020. Digital Solutions for Agriculture. Modern Tools, Methods and Technologies of Knowledge Management, 3: 61–65 (in Russian).
- Kononenko S.M., Starostina T.V., Toporov V.M. 2019. Satellite Data in Forecast for Wheat Yield for Areas of the Kemerovo Region Interexpo GEO-Siberia, 4(1): 11–18 (in Russian). DOI: 10.33764/2618-981X-2019-4-1-11-18.
- Loupian E.A., Proshin A.A., Bourtsev M.A., Balashov I.V., Bartalev S.A., Efremov V.Yu., Kashnitskiy A.V., Mazurov A.A., Matveev A.M., Sydneva O.A., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A. 2015. IKI Center for Collective Use of Satellite Data Archiving, Processing and Analysis Systems Aimed at Solving the Problems of Environmental Study and Monitoring. Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space, 12(5): 263–284 (in Russian).
- Medennikov V.I., Muratova L.G. 2019. The Digital Platform of Remote Sensing of the Earth in Agriculture of Russia. In: Nauchno-tehnicheskoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa v realizacii gosudarstvennoj programmy razvitija sel'skogo hozjajstva do 2020 goda [Scientific and technical support of the agro-industrial complex in the implementation of the state program for the development of agriculture until 2020]. Collection of articles based on the materials of the international scientific and practical conference, Kurgan, 18–19 April 2019. Kurgan, Publ. Kurganskaja GSHA: 848–853 (in Russian).
- Mihailenko I.M. 2017. Teoreticheskie osnovy i tehnikeskaja realizacija upravlenija agrotehnologijami [Theoretical Foundations and Technical Implementation of Agricultural Technology Management]. St. Petersburg, Publ. Sankt-Peterburgskiy politekhnicheskij universitet Petra Velikogo", 252 p. (in Russian).
- Neufeld V.V., Kadomtseva M.E., Osovin M.N. 2021. Monitoring of Climatic Changes and Their Impact on Grain Production in the Saratov Region Using Remote Sensing Data. The Agrarian Scientific Journal, 10: 35–41 (in Russian). DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp35-41.
- Salnikov S.G., Tukhina N.Y. 2018. Geo-Information Systems as a Base of Information Management Systems in Agriculture. Vestnik Moscow Humanities and Economics Institute, 4: 100–103. (in Russian).
- Fedulov Y.P., Podushin Y.V., Miazina A.N., Chuhil A.A., Safonova T.G. 2016. Correlations Between Normalized Vegetation Index (NDVI) and Winter Wheat Yields. In: Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa [Scientific support of the agro-industrial complex]. Collection of articles based on the materials of the 71st scientific and practical conference of teachers following the results of research for 2015, Krasnodar, 09 February 2016. Krasnodar, Publ. KubGAU: 106–107 (in Russian).
- Tsarenko A.A., Shmidt I.V. 2014. Spektr zadach, reshaemyh v sfere upravlenija sel'skimi territorijami na osnove fakticheskikh dannyh kadastra nedvizhimosti [The Range of Tasks Solved in the Field of Rural Area Management Based on the Actual Data of the Real Estate Cadastre]. Estestvennye i tehnikeskije nauki, 2(70): 139–142 (in Russian).
- Tsarenko A.A., Shmidt I.V., Latypova A.M. 2019. Management of Development of Rural Territories on the Basis of Digital Information Model. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series, 43(3): 275–263 (in Russian). DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-3-263-275.
- Yakushev V.P. 2019. Digital Technologies of Precision Farming in Implementation of Smart Farming Priority of Russian. Vestnik of the Russian agricultural sciences, 2: 11–15 (in Russian). DOI: 10.30850/vrsn/2019/2/11-15.
- Pisman T.I., Botvich I.Y., Sidko A.F. 2015. Assessment of Agroecosystem Productivity Based on Satellite Data and a Mathematical Model. Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies, 1(8): 133–140.

*Поступила в редакцию 05.09.2022;
поступила после рецензирования 05.10.2022;
принята к публикации 15.11.2022*

*Received September 05, 2022;
Revised October 05, 2022;
Accepted November 15, 2022*



Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шмидт Ирина Владимировна, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры «Теплогасоснабжение и нефтегазовое дело», Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., Саратов, Россия

Латыпова Анна Мустафаевна, магистрант, ФГБОУ ВО Вавиловский университет, Саратов, Россия

Царенко Аксана Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры «Землеустройство и кадастры», ФГБОУ ВО Вавиловский университет, Саратов, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Irina V. Shmidt, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business of the Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

Anna M. Latypova, graduate student of the Saratov State Vavilov Agrarian University, Saratov, Russia

Aksana A. Tsarenko, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Land Management and Cadastres of the Saratov State Vavilov Agrarian University, Saratov, Russia



УДК 528.7: 528.44: 504.73:551.21
DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-555-573

Современное состояние растительного покрова вулкана Головнина по данным космических съемок (о. Кунашир, Курильские острова)

Мелкий В.А., Верхотуров А.А.

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,
Россия, 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б
E-mail: vamelkiy@mail.ru; ussr-91@mail.ru

Аннотация. Доступность и эффективность технологий аэрокосмического мониторинга дает возможность использовать его данные во многих направлениях научно-исследовательской деятельности. Вулканизм играет ведущую роль в формировании внешней оболочки Земли и растительного покрова, в частности. Растительный покров является чутким индикатором тенденций динамики процессов как эндогенных, так и экзогенных. Изменения его состояния могут служить внешними признаками изменений среды, которые могут быть зафиксированы при отсутствии возможности визуальных наблюдений или контактных измерений. Комплекс построек кальдеры вулкана Головнина является достаточно сложным объектом, который достоин внимательного изучения, во-первых, как действующий вулкан, во-вторых, как объект туристской привлекательности. В статье приведены результаты, полученные при исследовании растительного покрова вулкана, и картографические материалы, составленные на основании новых данных дистанционного зондирования Земли с применением геоинформационных технологий.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, вулканизм, карта растительности, геоинформационное картографирование, геодезическая привязка снимков

Для цитирования: Мелкий В.А., Верхотуров А.А. 2022. Современное состояние растительного покрова вулкана Головнина по данным космических съемок (о. Кунашир, Курильские острова). Региональные геосистемы, 46(4): 555–573. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-555-573

Current State of the Vegetation Cover of Golovnin Volcano by Space Survey Data (Kunashir Island, Kuril Islands)

Vyacheslav A. Melkiy, Alexey A. Verkhoturov

Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
1B Nauki St., Yuzhno-Sakhalinsk 693022, Russia
E-mail: vamelkiy@mail.ru; ussr-91@mail.ru

Abstract. Aerospace monitoring technologies make it possible to obtain a large amount of accessible and reliable information about state of the territory, which makes it possible to use this information in many areas of research activities. Volcanism plays a leading role in the formation of the Earth's outer shell, including vegetation cover. Vegetation cover is a sensitive indicator of trends in the dynamics of endogenous and exogenous processes. Changes in the state of vegetation can serve as external signs of changes in the environment, which can be record in the absence of visual observing or contact measurements. The complex of relief forms of the Golovnin's volcano caldera is a rather elaborate object that deserves careful researches, firstly, as active volcano, and secondly, as object of tourist attraction. The results, obtained during a comprehensive research of the vegetation cover of the volcano and cartographic materials compiled by new data using geoinformation technologies are presented in the article.

Keywords: remote sensing, volcanism, vegetation map, geoinformation mapping, geodetic snap of images



For citation: Melkiy V.A., Verkhoturov A.A. 2022. Current State of the Vegetation Cover of Golovnin Volcano by Space Survey Data (Kunashir Island, Kuril Islands). *Regional Geosystems*, 46(4): 555–573 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-555-573

Введение

На Земле нет процессов, которые оказывают более значительное воздействие на окружающую среду, чем магматические: вулканизм играет ведущую роль в формировании внешней оболочки (земной коры, гидросферы, атмосферы и биосферы) и служит определяющим фактором геоэкологического состояния экосистем [Братков и др., 2021]; загрязнение атмосферы твердыми и летучими продуктами может вызвать значительное похолодание на поверхности всей планеты или какого-либо ее полушария [Братков и др., 2022]; формирование геофизических полей обеспечивает энергетические условия, в которых могут существовать живые организмы.

Вулканическая деятельность оказывает довольно разнообразное влияние на растительный покров. Различают как отрицательное, так и положительное воздействие вулканических процессов на растительность. Среди негативных факторов, поражающих растения, выделяют катастрофические, которые приводят к гибели как отдельных деревьев, так и больших массивов растительных сообществ вследствие механических повреждений листовых пластин, веток и стволов при выпадении крупнообломочной тефры, при прохождении взрывных волн, а также в результате термических ожогов раскаленными газами или пирокластическим материалом во время извержений. Лавовые потоки сносят на своем пути всякую растительность. Выпадение мощных слоев шлаков и пеплов уничтожает напочвенный, травяной и кустарниковый покров, а также наносит значительный урон лесным сообществам. Склоны построек активных вулканов зачастую представляют собой пустынные пространства. Большинство извержений продолжается несколько дней или недель. За это время направление господствующих ветров изменяется не так уж часто, поэтому отложение шлаков и пеплов происходит в каком-то определенном секторе вулкана. Растительность, включая крупные деревья, может быть уничтожена, как правило, на расстоянии 3–5 км от кратера в тех местах, где мощность отложений превышает 1 м [Гришин, 2019; Верхотуров, 2020; Гришин и др., 2021] (исключение: влк. Катмай, Аляска, 1912 г., где 1 м отложений выпал на расстоянии 40–45 км от эруптивного центра) [Болт и др., 1978].

Объекты и методы исследования

Объектом для исследования послужили данные космических съемок, которые использовались при изучении возможностей использования информации, получаемой при дешифрировании аэрокосмических изображений с целью составления карт состояния растительного покрова, подверженного воздействию проявлений вулканических процессов. Изучались космические снимки кальдеры вулкана Головнина (рис. 1), картографические материалы ее территории, проводились полевые геоботанические работы в границах различных ландшафтных единиц в пределах вулканической постройки.

В основу статьи положены результаты анализа космических снимков со спутника Sentinel-2, отражающих состояние растительного покрова вулканического комплекса кальдеры Головнина. При выполнении данного исследования осуществлялся выбор из ряда доступных космических снимков среднего пространственного разрешения систем Landsat 1–8 и Sentinel-2 за период с 1972 по 2022 г. [BEGA-Science ..., 2022; EarthExplorer ..., 2022]. Снимки подбирались в период наибольшего развития фитомассы (июль – октябрь) с отсутствием или же незначительным перекрытием интересующего района облаками. Предварительная обработка снимков включала радиометрическую и атмосферную коррекцию изображения с использованием программного комплекса QGIS с использованием известных методик [Boyte et al., 2017; Byer, Jin, 2017; Nghiem et al., 2018; Nguyen et al., 2018; Zanter, 2018; Mancino et al., 2020].

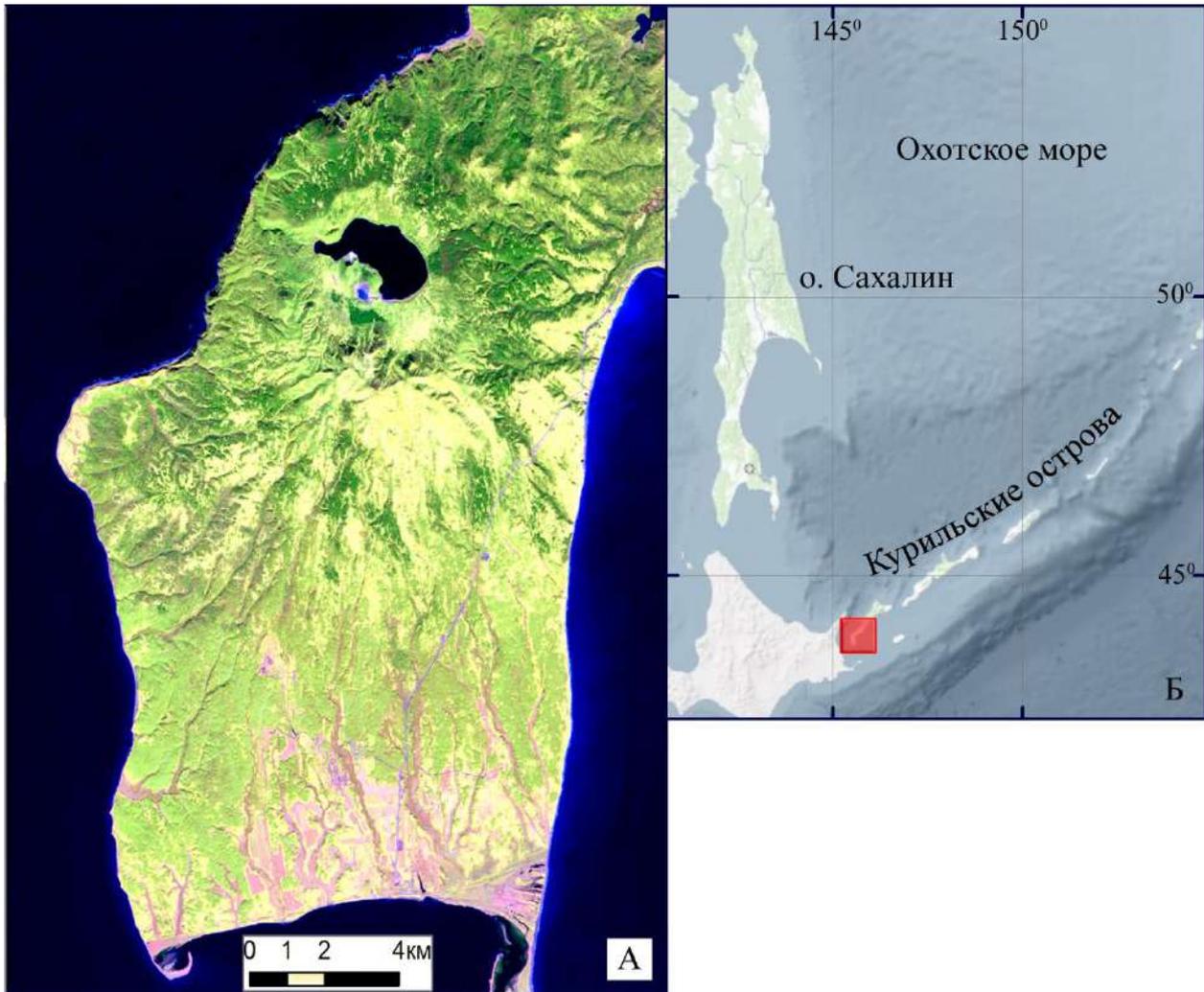


Рис. 1. Космический снимок кальдеры Головнина и ее местоположение на карте
Fig. 1. Space image of the Golovnin caldera and its location on the map

Дополнительно при проведении исследований использовались снимки высокого разрешения с доступных сервисов Bestmaps и GoogleEarth [Bestmaps..., 2022; GoogleEarth..., 2022]. Картографирование осуществлялось при помощи ArcGIS.

Построение цифровой модели рельефа (ЦМР) выполнялось по данным, полученным при съемках с шаттла при реализации миссии Radar Topography Mission (SRTM) в период с 11 по 22 февраля 2000 г., доставленных на Землю челноком «Индевор». Шаттл с 60-метровой мачтой был самым большим космическим кораблем, летавшим в космосе. Пространственное разрешение полученной модели составляет по горизонтали 30 м, по вертикали – около 15 м. Для радиолокационной интерферометрии при съемке использовали радар с синтетической апертурой C/X-диапазона SIR-C/X-SAR с фазово-когерентными датчиками, обеспечившими получение двух изображений одновременно [Farr, Kobric, 2011; Takaku et al., 2018]. Данные интерферометрических съемок собраны на сайте SRTM [SRTM data, 2022].

При исследованиях состояния растительного покрова большое внимание уделялось изучению карт территории, составленных ранее, которые послужили источником информации о состоянии растительности в момент проведения съемок и позволили выявить изменения, произошедшие ко времени выполнения полевых работ. При подготовке статьи использовались топографические карты масштабов от 1: 50 000 (федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-внедренческий центр геоинформа-



ционных систем и технологий» – ФГУП «ГОСГИСЦЕНТР») до 1:2 000 000 на данную территорию. Большая подборка разномасштабных карт как топографических, так и тематических размещена на сайте «Retromap» [Подробная карта мира ..., 2022].

Выявление особенностей растительного покрова производилось на основе наблюдений, выполненных во время полевых работ в кальдере Головнина, а также анализа карт и статей «Атласа Курильских островов» [2009], карты лесов мира, обновляемой Глобальной лесной вахтой [Global Forest..., 2022], а также ландшафтной карты мира [2022].

Полевые исследования растительных сообществ района проводилось на эталонных участках по проверенным методикам [Мелкий и др., 2020а, б; Мелкий и др., 2021]. Полевые описания имеют точную геодезическую привязку, обработаны, структурированы и подготовлены для использования.

Картографирование растительных сообществ производилось путем анализа космических снимков Sentinel-2, которые позволили выделить на изображениях классы, отличающиеся по спектральным признакам [Белова, Ершов, 2019; Fassnacht et al., 2019; Терехин, 2020]. Привязка контуров растительности к определенным интервалам высоты рельефа позволила оценить распределение типов лесов по высотным интервалам, выявленным по данным SRTM. Программные средства ГИС позволяют привязать полигоны по абсолютным высотам, крутизне склонов, экспозиции [Ukrainskiy et al., 2020].

Снимки, полученные по данным отдельных каналов сенсора, не дают возможности достаточно точно определить границу леса. Поэтому необходимо использовать различные аналитические методы определения растительных сообществ, отличающихся по спектральным характеристикам. Для определения границ различных лесных сообществ нами использовались следующие методы дешифрирования: 1) метод классификации; 2) метод соотношения спектральных каналов; 3) метод спектрального индекса [Мальшева, 2018; Maxwell et al., 2018; Hermosilla et al., 2018; Ховратович и др., 2019; Hart et al., 2019].

Во время исследования кальдеры Головнина стояла задача выявления индикационных характеристик растительного покрова. Интересовали в первую очередь возможности получения сведений об изменениях растительности при воздействиях вулканических процессов, определение тенденций динамики сукцессионных процессов, а также выявление длительности периода формирования коренных лесных систем на участках, где растительность была полностью сведена при извержениях.

В качестве оценочного средства состояния растительного покрова применялся нормализованный относительный вегетационный индекс (NDVI), рассчитываемый в ArcGIS, который хорошо зарекомендовал себя при использовании в различных климатических условиях [Братков, Атаев, 2017; Атаев и др., 2018; Jin et al., 2018; Xu et al., 2018; Sun et al., 2018; Зуев и др., 2019; Neck et al., 2019; Suvanto et al., 2019; Корзников и др., 2019; Верхогуров, 2020; Шарый и др., 2020; Гусев, 2022].

Результаты и их обсуждение

Кальдерный массив вулкана Головнина расположен на юге острова Кунашир и представляет собой две вложенные кальдеры, а также ряд небольших экструзивных куполов [Горшков, 1967; Новейший и современный ..., 2005], сложенных породами андезитодацитового или дацитового состава: 71,60 % – SiO₂, 3,42 % – Na₂O, 1,54 % – K₂O [Мелкий, 2010]. Первое описание кальдеры выполнено Е.К. Мархининым [1959], им составлена подробная схема сольфатарных полей, исследованы физико-химические параметры термальных источников. Кальдерообразующее извержение произошло около 39 000 лет назад, что подтверждается радиоуглеродным датированием древесины из торфяника под слоем отложений в береговом обнажении Белозерского клифа (39200 ± 700 лет, ГИН-7901) [Разжигаева и др., 2000]. Можно предположить, что внутренняя кальдера образовалась позднее. Отло-

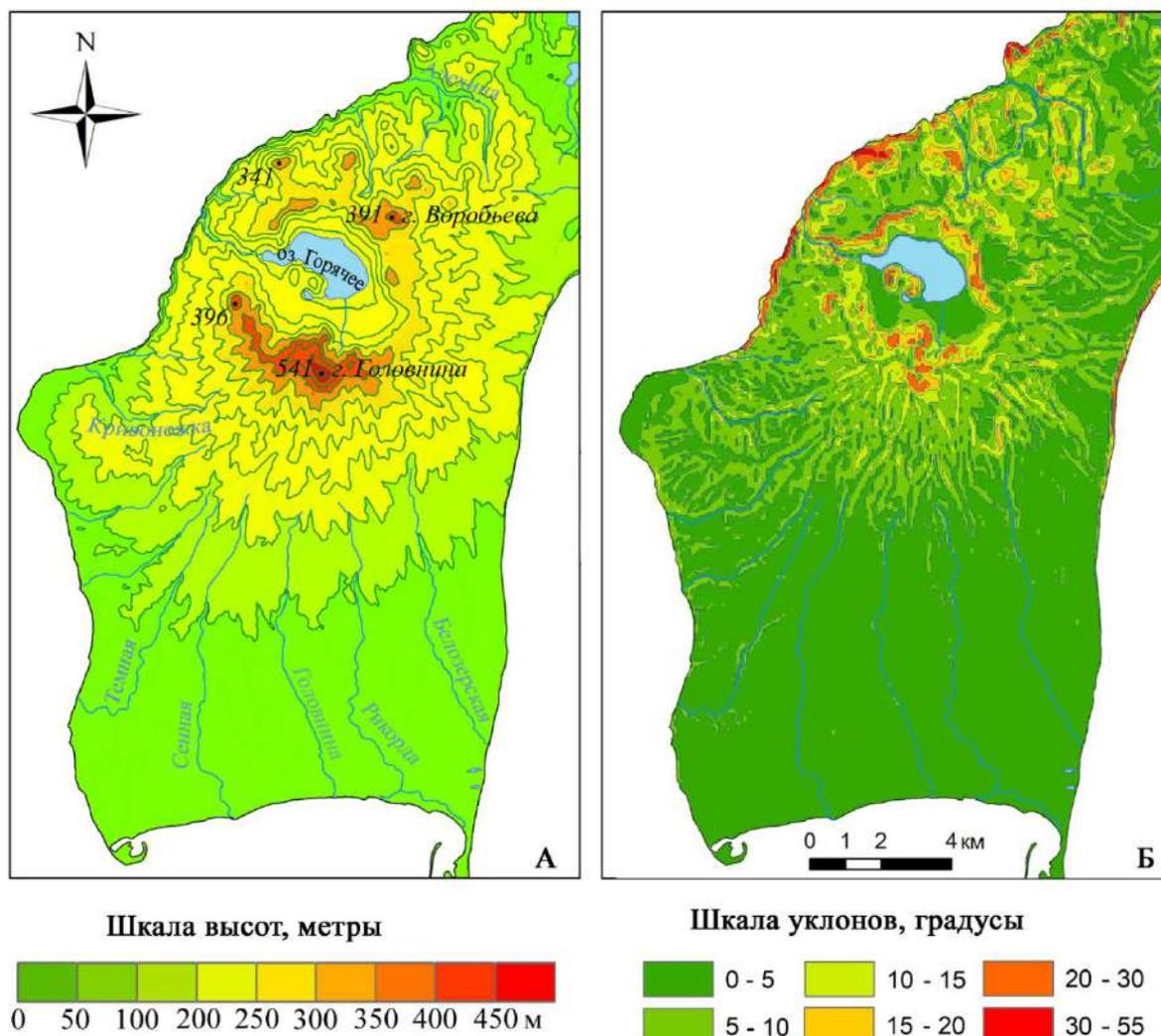


Рис. 3. Карта рельефа вулкана Головнина, построенная по данным SRTM и топографической карты масштаба 1: 100 000 (А) и схема уклонов в пределах его постройки
Fig. 3. Relief map of the Golovnin volcano, built according by the data of a SRTM and a topographic map at a scale of 1: 100,000 and slope scheme within its construction

Природные условия на юге острова Кунашир predetermined географическим положением. Остров расположен в умеренном климатическом поясе северного полушария Земли с таежной растительностью.

Для обеспечения хорошей дешифрируемости растительных сообществ использовались различные комбинации спектральных каналов 11-8-4 (SWIR-NIR-RED), либо 8-4-3 (NIR-RED-GREEN). Успешность выделения некоторых видов растительности в значительной степени зависит от сезона съемки. Для получения детальной характеристики породного состава лесов были использованы разносезонные снимки, причем наиболее информативными являлись снимки осеннего сезона, полученные в период окончания вегетации, пожелтения листвы и листопада (конец сентября). Использование разносезонных снимков позволило получить более детальную характеристику растительных сообществ, покрывающих вулканическую постройку.

В результате проведенной классификации при анализе космических снимков Sentinel-2 выделены 7 классов, из которых 6 – растительные сообщества, отличающиеся по спектральным признакам (рис. 4). Правильность выделения классов растительности подтверждена при проведении полевых геоботанических исследований.

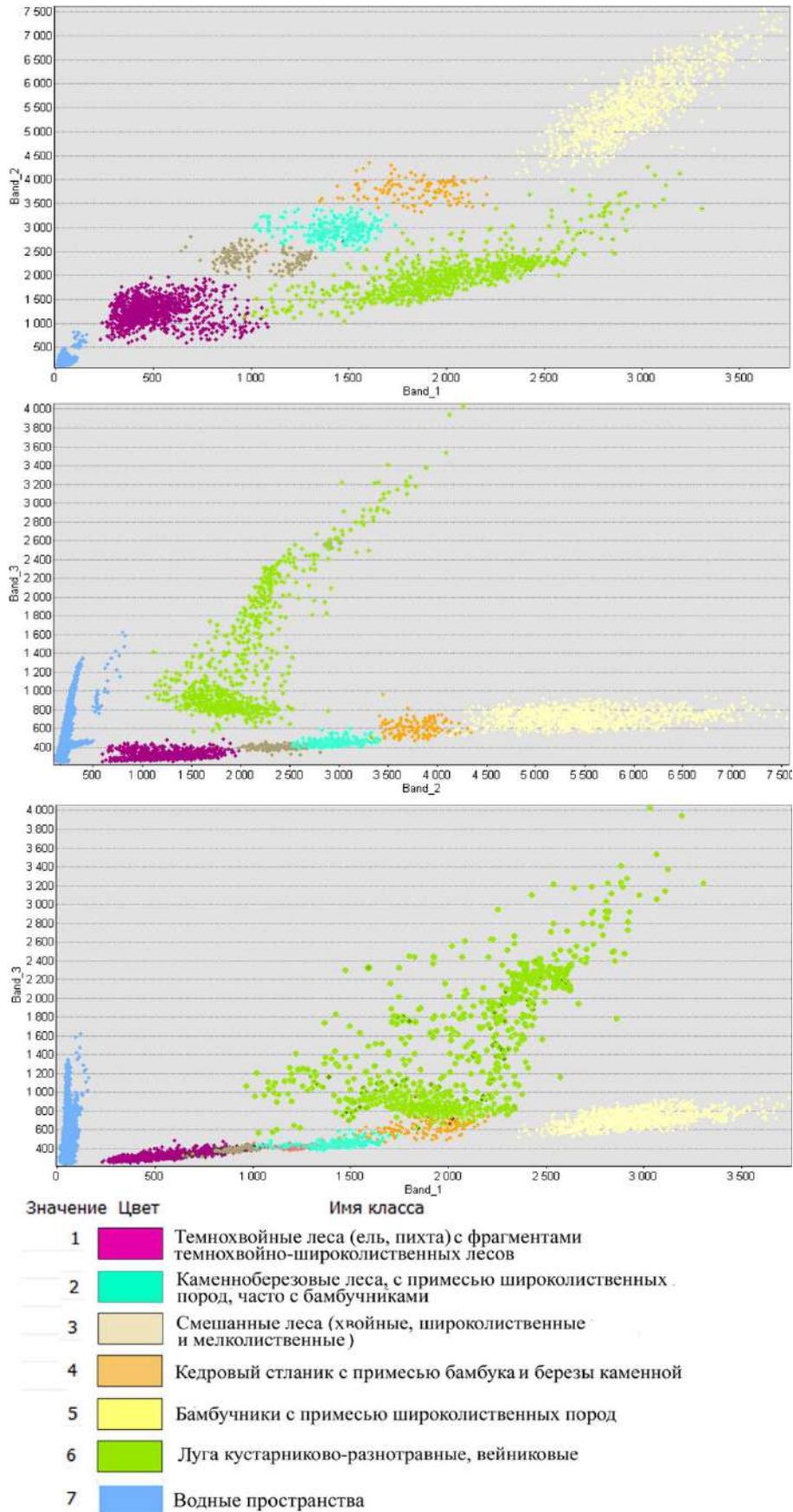


Рис. 4. Разделимость классов растительности вулкана Головнина на диаграмме рассеяния
Fig. 4. Separability of vegetation classes of the Golovnin volcano on the scattering diagram



Флора и растительность о. Кунашир отличается большим разнообразием, что обусловлено воздействием вулканических извержений, влиянием теплого и холодного течений, муссонной циркуляцией атмосферы. Богатый флористический состав острова представлен 883 видами высших сосудистых растений. Лесистость Кунашира составляет 61 %, среди них пихтово-еловые занимают 67–68 %, лиственные – 17 %, кедровый стланик – 16 % [Алексеева, 1992].

На вулкане Головина были выделены участки, покрытые следующими растительными сообществами:

- темнохвойными лесами;
- каменноберезовыми лесами;
- смешанными лесами;
- зарослями кедрового стланика;
- бамбучниками;
- луговыми сообществами.

Темнохвойные елово-пихтовые и пихтово-еловые леса (*Picea yezoensis*, *Abies sachalinensis*, иногда *Picea glehnii*) зеленомошно-кустарниковые, травяно-кустарниковые, зеленомошно-папоротниковые распространены преимущественно на склонах северной экспозиции (рис. 5а). Встречаются чистые ельники и пихтарники. Состав темнохвойных древостоев дополняют береза Эрмана (*Betula ermanii*), рябина смешанная (*Sorbus commixta* Hedl.), черемуха айнская или Съори (*Padus ssiori* F. Schmidt), ильм горный (*Ulmus glabra*), встречается тис остроконечный (*Taxus cuspidata* Siebold & Zucc.). Подлесок состоит из кустов смородины широколистной (*Ribes latifolium* Jancz.), волчника иезского (*Daphne jezoensis* Maxim), бузины Зибольда (*Sambucus sieboldiana* (Miq.) Graebn.) и др. Травяной покров представлен майником камчатским (*Maianthemum kamtschaticum* Nakai), дереном (*Cornus alba* L.), кислицей заячьей (*Oxalis acetosella* L.) и др. Среди папоротников распространены щитовники амурский, австрийский и толстокорневищный (*Dryopteris amurensis* Takeda, *D. austriaca* Woyнар, *D. crassirhizoma* Nakai) и чистоуст (*Osmunda* L.).

Каменноберезовые леса (*Betula ermanii*) в районе вулкана Головина не сформировали единый выраженный высотный растительный пояс: иногда они опускаются к морским берегам, а также вклиниваются в хвойные и широколиственные леса (рис. 5б). Местами в каменноберезовых лесах или редколесье встречаются куртины кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel). В подлеске каменноберезников преобладают бамбучники.

Смешанные леса на южных склонах вулканической постройки сформированы широколиственными лесообразующими породами: дубами кудрявым и зубчатым (*Quercus crispula* Blume; *Q. dentata* Thunb.), березами каменной (*Betula ermanii* Cham.) и плосколистной (*Betula pendula* Roth.), кленом Майра (*Acer mayrii* Schwer.). В хвойно-широколиственных лесах очень часто основными лесообразующими породами являются все те же – пихта сахалинская и ель иезская. В смешанных древостоях также встречаются бархат сахалинский (*Phellodendron sachalinense* F. Schmidt), черемуха айнская (*Padus ssiori* F. Schmidt), диморфант (*Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz.), вишни сахалинская и Максимовича (*Prunus kurilensis* Miyabe, *P. maximowiczii* Rupr.), ильмы горный и японский (*Ulmus laciniata*, *U. japonica*), рябина (*Sorbus commixta* Hedl.). Только на самом юге вулканической постройки встречаются редкие клен японский (*Acer japonicum* Thunb.), береза Максимовича (*Betula maximowicziana* Regel), ботрокариум спорный (*Bothrocaryum controversum* (Hemsl.) Rojark.), магнолия обратнойцевидная (*Magnolia hypoleuca* Siebold & Zucc.). На южных склонах также отмечается широкое распространение лиан: винограда Куанье (*Vitis coignetiae* Pulliat ex Planch.), гортензии черешчатой (*Calypttranthe petiolaris* (Siebold & Zucc.) Nakai), актинидий Коломикта и острой (*Actinidia kolomikta* (Maxim.) Maxim., *A. arguta* Siebold & Zucc.), сумаха восточного (*Toxicodendron orientale* Greene), схизофрагмы гортензиевидной (*Schizophragma hydrangeoides* Siebold & Zucc.) и др. В подлеске смешанных лесов распространены бамбучники (рис. 5в) [Алексеева, 1992].



Рис. 5. Растительные сообщества на вулкане Головнина: а – темнохвойные елово-пихтовые леса; б – каменноберезовые леса; в – смешанные леса и бамбучники в кальдере; г – кедровый стланик у озера Кипящего. Фото В.А. Мелкого

Fig. 5. Plant communities on Golovnin Volcano: а – dark coniferous spruce-fir forests; б – stone birch forests; в – mixed forests and bamboo forests in the caldera; г – cedar elfin wood. Photo by V.A. Melkiy

Кедровый стланик (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) на вулкане Головнина формирует фоновое сообщество (рис. 5г). Вечнозеленый кустарник не образует на склонах вулкана сплошного высотного пояса, потому что высоты здесь небольшие. Стелющаяся форма стланика является приспособлением к выживанию в многоснежных районах с суровым климатом. Растение использует своеобразный механизм предзимнего полегания стволов на землю при понижении температуры воздуха. Весной стланик снова поднимается.

Одним из фоновых ландшафтных растений территории является бамбучник (см. рис. 5в), который представлен тремя видами: курильским или Сугавары (*Sasa kurilensis* (Rupr.) Makino & Shibata), синанским (*Sasa senanensis* f. *nobilis* Makino & Uchida), колосковым (*Sasa spiculosa* (J.A. Schmidt) Makino). Густота и высота бамбучника зависит от освещенности. На открытых участках он достигает высоты 2,5 м. При достаточно высокой сомкнутости крон в роще из ели Глена южнее оз. Кипящего бамбук не растет вовсе. В зарослях бамбука встречаются золотарник курильский (*Solidago kurilensis* (Juz.) Vorosch.), мелкопестник канадский (*Conyza canadensis* (L.) Cronquist), зверобой камчатский (*Hypericum kamtschaticum* Ledeb.).

Высокотравную растительность также можно отнести к ландшафтным сообществам вулкана Головнина, которые повсеместно занимают берега ручьев и речек в распадках, поверхности делювиально-пролювиальных отложений у подножья береговых уступов там, где достаточно хорошо удерживается влага. В составе этих сообществ присутствуют гречихи сахалинская (*Polygonum sachalinense* F. Schmidt) и Вейриха (*Polygonum weyrichii* F. Schmidt), шеломайник камчатский (*Filipendula camtschatica* (Pall.) Maxim.), крестовник коноплелист-



ный (*Senecio cannabifolius* Less.), какалия мощная (*Cacalia robusta* Tolm.), крапива плосколистная (*Urtica platyphylla* Wedd.), белокопытник широкий (*Petasites japonicus* Kitam.), дудник медвежий (*Angelica ursina* (Rupr.) Maxim), купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.) и др. Высокотравье достигает высоты 3,5–4 м.

На морских прибрежных террасах, обрамляющих вулканическую постройку распространены: шиповник морщинистый (*Rosa rugosa* Thunb.), морянка бутерлаковидная (*Arenaria Ruppius* ex L.), колосняк мягкий (*Leymus mollis* (Trin.) Pilg.), чина японская (*Lathyrus japonicus* Willd.), осоки малорослая (*Carex pumila* Thunb.) и большеголовая (*Carex macrocephala* Willd. ex Spreng.), полынь Стеллера (*Artemisia stellerana* Bess.), галения (*Halenia corniculata* (L.) Cornaz), мертензия морская (*Mertensia maritima* (L.) Gray). Песчаные дюны занимают крестовник лжеарниковый (*Senecio pseudoarnica* Less.) и норичник Грея (*Scrophularia alata* A. Gray). На берегу можно встретить виноград (*Vitis coignetiae* Pulliat ex Planch.), сумах восточный (*Toxicodendron orientale* Greene), лимонник (*Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.), малину мелколистную (*Rubus parvifolius* L.). На скалах растут крупка курильская (*Draba kurilensis* (Turcz.) N. Busch), нивяник курильский (*Leucanthemum kurilense* (Tzvelev) Vorosch.), камнеломка Форчуна (*Saxifraga fortunei* Hook.), лапчатка крупноцветковая (*Potentilla megalantha* Takeda), водосбор вееровидный (*Aquilegia flabellata* Siebold & Zucc.), первоцвет клинолистный (*Primula cuneifolia* Ledeb.), звездчатка иглицелистная (*Stellaria ruscifolia* D. F. K. Schltl.), остролодочник вдавленный (*Oxytropis retusa* Matsum.), лигустикум Хультена (*Ligusticum hulthenii* Fernald), вероника Шмидта (*Veronica schmidtiana* Rgl.) и др. На переувлажненных почвах на берегах водотоков и водоемов растут вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata* L.), рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.), сабельник болотный (*Comarum palustre* Lamb.). Около старых пней в лесах растет красника (*Vaccinium praestans* L.), на открытых пространствах – брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), на кочках болот – клюква (*Vaccinium oxycoccos* L.) [Алексеева, 1992].

Динамика состояния растительности на вулканах хорошо прослеживается с помощью данных аэрокосмических съемок [Ганзей, 2015; Teltcher, Fassnach, 2018; Biass et al., 2019]. Воздействие вулканических процессов на растительный покров различают непосредственное и косвенное. Непосредственное влияние на растительность может быть катастрофическим (приводит к гибели фитоценоза), сукцессионным (когда претерпевает изменения), и импульверизационным, связанным с привнесом в почву минеральных частиц, изменением состава атмосферы и компонентов биогеоценоза. Прямое воздействие проявлений вулканической деятельности: повреждение и уничтожение группировок растительности взрывной воздушной волной, отложениями взрывов, пирокластическими и лавовыми потоками, игнимбритовыми отложениями; запыление и повреждение надземных частей растений пирокластикой; повреждение растений агрессивными химическими соединениями. К полному уничтожению растительности приводят частые пеплопады. Активные вулканы обычно окружены безжизненными пространствами, покрытыми мощными отложениями вулканических пеплов и шлаков.

Импульверизационное косвенное влияние обусловлено преобразованием окружающей среды в результате изменения климатических факторов (снижение прихода лучистой энергии вследствие загрязнения атмосферы вулканической пылью, формирование специфического микроклимата в районе сольфатарных полей и около гидротермальных источников); трансформации почвенно-гидрологических условий (нарушение системы стока в результате отложения мощного пирокластического чехла и выпаживания почв новыми лавовыми потоками, изменение уровня грунтовых вод); изменения состава атмосферы (увеличение концентрации углекислого газа, хлористого водорода, сернистого газа и других химических соединений и элементов, уровня радиоактивности), которые приводят к нарушениям сложившихся отношений в биоценозе.

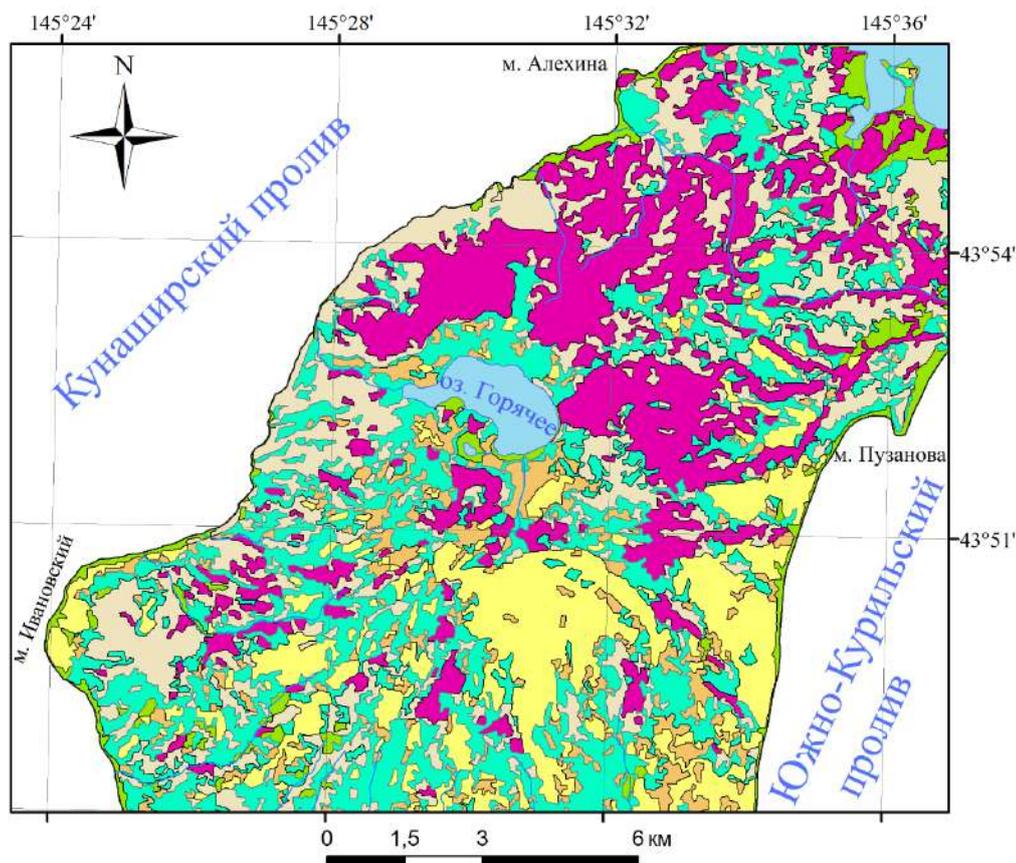
На площадках прогрева термальными водами внутри кальдеры Головнина отмечено пять сольфатарных полей с выходами термальных источников (около двадцати) [Жарков, 2014; Жарков, Козлов, 2016]. На периферии вулкана находятся две группы

Алехинских термальных источников (северные и южные) и Внешнее сольфатарное поле. Температура сольфатар достигает 100 °С (на Центральном Западном поле – 102,5 °С) [Жарков, Козлов, 2016]. В газовом составе термальных источников и сольфатар преобладают CO₂, H₂S, N₂, HCl, SO₂. Сольфатарные поля практически лишены растительности. Ближе всех растений возле сольфатарных полей (10–15 м) произрастают отдельные особи спиреи Бовера (*Spiraea beauverdiana*), рейнутрии или гречихи сахалинской (*Reynoutria sachalinensis* (Fr. Schmidt) Nakai). Растения имеет полную жизненность: цветут и плодоносят, видимых повреждений на листьях и стеблях растений нет [Вацерионова и др., 2021]. На площадках прогрева термальными водами внутри кальдеры, по мере удаления от сольфатарных полей, количество растений на единицу площади увеличивается: вместе с группами *Spiraea* и *Reynoutria* встречаются куртины шикши сибирской (*Empetrum sibiricum* V. Vassil.), багульника подбела (*Ledum hypoleucum* Kom.), овсяницы японской (*Festuca japonica* Makino) и др.

Термальные воды источников являются напорными и характеризуются преимущественно трещинно-жильным типом циркуляции. Температура воды на выходе от 60 до 95 °С. Химический состав вод довольно разнообразен: от субнейтральных и слабощелочных (pH = 6–8,5), гидрокарбонатно-сульфатных натриево-кальциевых до кислых (pH = 2–2,5), сульфатных натриевых, что объясняется сложными процессами взаимодействия в системе «вода–порода» [Shvartsev et al., 2018; Kharitonova et al., 2020]. В термальных водах практически всегда присутствуют SiO₂, Fe³⁺, Fe²⁺, Mg²⁺, Mn²⁺, Ca²⁺, Na⁺, Zn²⁺, Ga³⁺, Rb⁺, Sb³⁺, As³⁺ и гидротермальный α-кварц, которые привносятся при выщелачивании андезита в кислой среде водного раствора. Кислые (pH = 2,5), хлоридно-сульфатные натриевые воды оз. Кипящего в местах выхода сольфатар имеют температуру до 90 °С. Почва вблизи источников всегда прогрета до 15–35 °С, что обеспечивает формирование своеобразных фитоценозов и ландшафтов: трава и зеленые мхи растут здесь круглый год, вегетационный период кустарничков, кустарников и древесной растительности также растянут во времени [Нешатаева и др., 2021]. Растительность плотно заселяет поверхностный слой почвы [Вацерионова и др., 2021].

Воздействие вулканических процессов в последние тысячелетия на растительный покров окрестностей вулкана Головнина в разных направлениях было довольно разнообразным, что нашло отражение на карте растительности (рис. 6). Склоны вулкана в северном и восточном направлениях от кальдеры покрывают темнохвойные леса, которые были изменены в меньшей степени, чем растительность на других склонах. Распределение лесов в юго-восточном секторе вулкана показывает наличие существенного воздействия вулканических процессов на растительность. В пределах юго-западного сектора наблюдается заселение территории темнохвойными и лиственными породами, что свидетельствует о завершающих стадиях растительных сукцессий и длительном отсутствии значительных повреждений древостоев.

Сведение растительного покрова на отдельных участках, быстрое заселение пионерной растительностью, а затем и древесными видами, приводит к увеличению ландшафтного разнообразия, и, как следствие, пейзажно-эстетической привлекательности ландшафтов. Использование туристско-ресурсного потенциала вулканогенных объектов Курильских островов представляет большой интерес. Развитие транспортного сообщения, расширение всесезонного использования гостиниц и техническое обеспечение путешествий в зимний период позволит существенно усилить значение туризма в отраслевой специализации экономического развития островов.



Условные обозначения

- | | |
|--|--|
| | Темнохвойные леса (ель, пихта), местами лиановые, с фрагментами темнохвойно-широколиственных лесов |
| | Каменноберезовые леса, с примесью широколиственных пород, часто с бамбучниками |
| | Смешанные леса (хвойные, широколиственные и мелколиственные породы) |
| | Кедровый стланник с примесью бамбука курильского и березы каменной |
| | Бамбучники с примесью широколиственных пород, куртин кедрового стланника |
| | Безлесные территории, луга кустарниково-разнотравные, вейниковые |

Рис. 6. Карта распространения растительных сообществ на вулкане Головнина
Fig. 6. A map of the prevalence of plant communities on the Golovnin volcano

Заклучение

Восстановление растительного покрова по составу до коренных хвойных бореальных лесов, характерных для климатических условий юга Курильских островов, на рыхлых вулканических отложениях после полного уничтожения может продолжаться несколько сотен лет, а на поверхности лавовых потоков – даже тысячелетий. Состав и структура растительного покрова постройки вулкана Головнина хранят следы катастрофических извержений, которые произошли много веков назад.

Распределение темнохвойных лесов в пределах постройки вулкана Головнина свидетельствует о том, что катастрофическому воздействию в последние тысячелетия подвергались биогеоценозы южного и в меньшей степени юго-восточного секторов: восстановление лесных коренных сообществ не завершилось по настоящее время (сплошное покрытие отсутствует).

Изменения растительного покрова внутри кальдеры и за ее бортом в юго-восточном секторе представляются наиболее молодыми. В этом направлении, вероятнее всего, происходило распространение продуктов последних извержений, произошедших на вулкане. Характер распространения смешанных лесов в юго-западном секторе вулкана предопределен отсутствием существенного воздействия вулканических процессов на растительность. В пределах сектора наблюдается значительное мозаичное заселение территории темнохвойными и лиственными породами. В меньшей степени воздействию вулканических процессов в последние тысячелетия подвергался растительный покров склонов северной экспозиции постройки вулкана. Увеличение ландшафтного разнообразия в результате воздействия вулканических процессов на растительность только повышает привлекательность вулкана Головнина как объекта для туристских путешествий.

Список источников

- Атлас Курильских островов. 2009. Под ред. Комедчикова Н.Н. и др., отв. ред.-карт. Федорова Е.Я. М., Дизайн. Информация. Картография; Владивосток, Феория, 516 с.
- Братков В.В., Заурбеков Ш.Ш., Мелкий В.А., Вазарханов А.А. 2021. Геоэкология. М., КНОРУС, 282 с.
- Братков В.В., Луговской А.М., Мелкий В.А., Верхотуров А.А. 2022. Метеорология и климатология. М., КНОРУС, 240 с.
- ВЕГА-Science: уникальный инструмент научного анализа данных спутниковых наблюдений (ИКИ РАН). Электронный ресурс. URL: <http://sci-vega.ru> (дата обращения 05.07.2022).
- Ландшафтная карта мира, разработанная в рамках проекта openstreetmap.org. Электронный ресурс. URL: http://retromap.ru/0420098_z13_43.857987,505.54404&leftwm=1 (дата обращения 05.07.2022).
- Малышева Н.В. 2018. Основы автоматизированного дешифрирования аэрокосмических снимков лесов с использованием ГИС. М., МЭСХ, 136 с.
- Подробная карта мира – v.2 (до 1:50К) 1980-х годов. Электронный ресурс. URL: http://retromap.ru/161985_43.855697,145.51219 (дата обращения 05.07.2022).
- BestMaps.ru. URL: <https://bestmaps.ru/map/esri/sat/15/43.8641/145.5033> (accessed: 05.07.2022).
- EarthExplorer. United States Geological Survey (USGS). Electronic resource. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (accessed: 05.07.2022).
- Global Forest Watch. Electronic resource. URL: <https://www.globalforestwatch.org/map/> (accessed: 05.07.2022).
- GoogleEarth. Electronic resource. URL: <https://earth.google.com/> (accessed: 05.07.2022).
- SRTM data. Consortium for Spatial Information CGIAR. 2004–2022. Electronic resource. URL: <https://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/> (accessed: 05.07.2022).

Список литературы

- Алексеева Л.М. 1992. Мир растений. Южные Курильские острова. Южно-Сахалинск, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, 259 с.
- Атаев З.В., Братков В.В., Гаджибеков М.И. 2018. Сезонная и многолетняя динамика полупустынных ландшафтов Северо-Западного Прикаспия (на примере можжевельного урочища «Буруны» Терско-Кумской низменности). Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки, 12(4): 34–48. DOI: 10.31161/1995-0675-2018-12-4-34-48
- Белова Е.И., Ершов Д.В. 2019. Исследование возможности оценки возобновления лесной растительности после сплошных рубок по спутниковым данным LANDSAT (на примере Брянского Полесья). Вопросы лесной науки, 2(4): 1–20. DOI: 10.31509/2658-607x-2019-2-4-1-20
- Болт Б.А., Хорн У.Л., Макдоналд Г.А., Скотт Р.Ф. 1978. Геологические стихии. Пер. с англ. Б.А. Борисова. Под ред. Н.В. Шебалина. М., Мир, 440 с.
- Братков В.В., Атаев З.В. 2017. Оценка влияния современных климатических условий на природно-территориальные комплексы северо-восточного Кавказа (по материалам дистанционного зондирования Земли). Мониторинг. Наука и технологии, 2(31): 6–14.



- Вацерионова Е.О., Копанина А.В., Власова И.И. 2021. Структура коры однолетнего стебля *Spiraea beauverdiana* (Rosaceae) в условиях сольфатарных полей вулкана кальдеры Головнина (остров Кунашир, южные Курильские острова). Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН, 25: 1–15. DOI: 10.17581/bbgi2501
- Верхотуров А.А. 2020. Анализ изменений состояния экосистем на острове Атласова (Курильские острова). Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий), 25(3): 139–150. DOI: 10.33764/2411-1759-2020-25-3-139-150
- Ганзей К.С. 2015. Сценарии изменения ландшафтного разнообразия островов под воздействием вулканизма. Доклады академии наук, 461(3): 338–342. DOI: 10.7868/S0869565215090182
- Горшков Г.С. 1967. Вулканизм Курильской островной дуги. М., Наука, 287 с.
- Гришин С.Ю. 2019. Основные тенденции динамики растительности на территории, испытавшей воздействие катастрофического извержения вулкана Безымянный 30 марта 1956 г. (Камчатка). Известия Русского географического общества, 151(5): 32–47. DOI: 10.31857/S0869607121050049
- Гришин С.Ю., Перепелкина П.А., Бурдуковский М.Л., Лазарев А.Г. 2021. Пеплопад вулкана Шивелуч (Камчатка) 29 августа 2019 г. и его воздействие на растительность. Известия Русского географического общества, 153(5): 34–47. DOI: 10.31857/S0869607121050049
- Гусев А.П. 2022. NDVI как индикатор климатогенных реакций геосистем (на примере юго-востока Беларуси). Региональные геосистемы, 46(2): 200–209. DOI 10.52575/27127443-2022-46-2-200-209
- Жарков Р.В. 2014. Термальные источники Южных Курильских островов. Владивосток, Дальнаука, 378 с.
- Жарков Р.В., Козлов Д.Н. 2016. Современная поствулканическая активность в кальдере Головнина (о. Кунашир, Курильские о-ва). Мониторинг. Наука и технологии, 1(26): 12–18.
- Зуев В.В., Короткова Е.М., Павлинский А.В. 2019. Климатически обусловленные изменения растительного покрова тайги и тундры Западной Сибири в 1982–2015 гг. по данным спутниковых наблюдений. Исследование Земли из космоса, 6: 66–76. DOI: 10.31857/S020596142019666-76
- Казakov А.И., Веселов О.В., Козлов Д.Н. 2021. Статистический анализ распределения продуктов фреатического извержения в кальдере вулкана Головнина (о. Кунашир, Курильские острова). Геосистемы переходных зон, 5(1): 14–26. DOI: 10.30730/gtr.2021.5.1.014-026
- Корзников К.А., Кислов Д.Е., Крестов П.В. 2019. Моделирование биоклиматического ареала крупнотравных сообществ северо-восточной Азии. Экология, 3: 196–204. DOI: 10.1134/S0367059719030090
- Мархинин Е.К. 1959. Вулканы острова Кунашир. Труды лаборатории вулканологии АН СССР, 17: 64–110.
- Мелкий В.А. 2010. Петрогенезис железо-титан-оксидных минералов в вулканических комплексах Большой Курильской гряды. Южно-Сахалинск, СахГУ, 144 с.
- Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Братков В.В. 2021. Оценка воздействия эксплозивных извержений вулкана Тятя (о. Кунашир, Курильские острова) на растительный покров по данным дистанционного зондирования Земли. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, 65(2): 184–193. DOI: 10.30533/0536-101X-2021-65-2-184-193
- Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Братков В.В. 2020а. Влияние климата на состояние северной части елово-пихтовой подзоны темнохвойных бореальных лесов острова Сахалин. Региональные геосистемы, 44(4): 415–431. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-415-431
- Мелкий В.А., Братков В.В., Верхотуров А.А., Долгополов Д.В. 2020б. Динамика вулканогенных ландшафтов острова Кунашир (Курильские острова). Мониторинг. Наука и технологии, 2(44): 31–41. DOI: <https://doi.org/10.25714/MNT.2020.44.005>
- Нешатаева В.Ю., Якубов В.В., Кузьмина Е.Ю., Потемкин А.Д., Кириченко В.Е. 2021. Очерк флоры и растительности окрестностей термальных источников побережья лагуны Тинтикун (Олюторский залив Берингова моря). Ботанический журнал, 106(12): 1204–1226. DOI: 10.31857/S0006813621120061
- Новейший и современный вулканизм на территории России. 2005. Лаверов Н.П., Добрецов Н.Л., Богатиков О.А., Бондур В.Г. и др. / Отв. ред. Н.П. Лаверов. М., Наука, 604 с.
- Разжигаева Н.Г., Гребенникова Т.А., Базарова В.Д., Сулержицкий Л.Д., Мохова Л.М., Ганзей Л.А., Пушкарь В.С., Чернов А.В. 2000. Континентальный поздний плейстоцен о. Кунашир (Курильские острова). Тихоокеанская геология, 19(2): 73–86.

- Рыбин А.В., Чибисова М.В., Дегтерев А.В., Гурьянов В.Б. 2017. Вулканическая активность на Курильских островах в XXI в. Вестник Дальневосточного отделения Российской Академии Наук, 1(191): 51–61.
- Терехин Э.А. 2020. Многолетняя динамика спектрально-отражательных свойств участков лесовосстановления в лесах юга Среднерусской возвышенности. Региональные геосистемы, 44(2): 210–220. DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-2-210-220
- Ховратович Т.С., Барталев С.А., Кашницкий А.Б. 2019. Метод детектирования изменений лесов на основе подпиксельной оценки проективного покрытия древесного полога по разновременным спутниковым изображениям. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 16(4): 102–110. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-4-102-110
- Шарый П.А., Шарая Л.С., Сидякина Л.В. 2020. Связь NDVI лесов и характеристик климата Волжского бассейна. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 17(4): 154–163. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-4-154-163
- Belousov A., Belousova M., Kozlov D. 2017. Strong Hydrothermal Eruption 600 BP Inside Golovnin Caldera, Kunashir Island, Kurile arc. In: 19th EGU General Assembly, EGU 2017: Proceedings from the conference held 23–28 April 2017, Vienna, Austria: 7596.
- Biass S., Bonadonna C., Houghton B.F. 2019. A Step-by-Step Evaluation of Empirical Methods to Quantify Eruption Source Parameters from Tephra-Fall Deposits. Journal of Applied Volcanology, 8, 1. DOI: 10.1186/s13617-018-0081-1
- Boyte S., Wylie B., Rigge M., Dahal D. 2017. Fusing MODIS with Landsat-8 Data to Downscale Weekly Normalized Difference Vegetation Index Estimates for Central Great Basin Rangelands, USA. GIScience and Remote Sensing, 55(3): 376–399. DOI: 10.1080/15481603.2017.1382065
- Byer S., Jin Y. 2017. Detecting Drought-Induced Tree Mortality in Sierra Nevada Forests with Time Series of Satellite Data. Remote Sensing, 9: 14–17. DOI: 10.3390/rs9090929
- Farr T.G., Kobrick M. 2011. Shuttle Radar Topography Mission Produces a Wealth of Data. Eos, Transactions American Geophysical Union, 81(48): 583–585. DOI: 10.1029/EO081i048p00583.
- Fassnacht F.E., Schiller C., Kattenborn T., Zhao X., Qu J.A. 2019. Landsat-Based Vegetation Trend Product of the Tibetan Plateau for the Time-Period 1990–2018. Scientific Data, 6(78): 1–11. DOI: 10.1038/s41597-019-0075-9
- Hart E., Sim K., Kamimura K., Meredieu C., Guyon D., Gardiner B. 2019. Use of Machine Learning Techniques to Model Wind Damage to Forests. Agricultural and Forest Meteorology, 265: 16–29. DOI: 10.1016/j.agrformet.2018.10.022
- Heck E., de Beurs K.M., Owsley B.C., Henebry G.M. 2019. Evaluation of the MODIS Collections 5 and 6 for Change Analysis of Vegetation and Land Surface Temperature Dynamics in North and South America. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 156: 121–134. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2019.07.011
- Hermosilla T., Wulder M., White J., Coops N., Hobart G. 2018. Disturbance-Informed Annual Land Cover Classification Maps of Canada's Forested Ecosystems for a 29-Year Landsat Time Series. Canadian Journal of Remote Sensing, 44(1): 67–87. DOI: 10.1080/07038992.2018.1437719
- Jin Y., Liu X., Chen Y., Liang X. 2018. Land-Cover Mapping Using Random Forest Classification and Incorporating NDVI Time-Series and Texture: a Case Study of Central Shandong. International Journal of Remote Sensing, 39(23): 1–21. DOI: 10.1080/01431161.2018.1490976
- Kharitonova N.A., Chelnokov G.A., Bragin I.V., Chudaev O.V., Shand P., Funikova V.V. 2020. Major and Trace Element Geochemistry of CO₂-Rich Groundwater in the Volcanic Aquifer System of the Eastern Sikhote-Alin (Russia). Environmental Earth Sciences, 79: 55. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8697-y>
- Mancino G., Ferrara A., Padula A., Nolè A. 2020. Cross-Comparison between Landsat 8 (OLI) and Landsat 7 (ETM+) Derived Vegetation Indices in a Mediterranean Environment. Remote Sensing, 12(2): 291. DOI: 10.3390/rs12020291
- Maxwell A.E., Warner T.A., Fang F. 2018. Implementation of Machine-Learning Classification in Remote Sensing: An Applied Review. International Journal of Remote Sensing, 39(9): 2784–2817. DOI: 10.1080/01431161.2018.1433343
- Nghiem V.T., Nguyen M.N., Tran V.A., Do T.P.T. 2018. Study Method for Testing Image Quality of Optical Remote Sensing Satellite of Vietnam. Journal of Applied Mathematics and Computation, 2(9): 357–365. DOI: 10.26855/jamc.2018.09.001



- Nguyen M.N., Tran V.A., Nghiem V.T., Do T.P.T. 2018. Method of quality validation for Vietnam's optical remote sensing based on test sites (polygon). Processing Vietnamese National Science and Technology Conference Surveying and Mapping, 5 October 2018 Hanoi, Vietnam: 401–409
- Shvartsev S.L., Tokarenko O.G., Zippa E.V., Sun Z., Gao B., Borzenko S.V. 2018. Geochemistry of the Thermal Waters in Jiangxi Province, China. *Applied Geochemistry*, 96: 113–130. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2018.06.010
- Siebert L., Simkin T., Kimberly P. 2011. *Volcanoes of the World*. 3rd edn. Smithsonian Institution, Washington DC. University of California, Berkeley, 551 p.
- Sun C., Fagherazzi S., Liu Y. 2018. Classification Mapping of Salt Marsh Vegetation by Flexible Monthly NDVI Time-Series Using Landsat Imagery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 213: 61–80. DOI: 10.1016/j.ecss.2018.08.007
- Suvanto S., Peltoniemi M., Tuominen S., Strandström M., Lehtonen A. 2019. High-Resolution Mapping of Forest Vulnerability to Wind for Disturbance-Aware Forestry. *Forest Ecology and Management*, 453: 117619. DOI: 10.1101/666305
- Takaku J., Tadono T., Tsutsui K., Ichikawa M. 2018. Quality Improvements of 'AW3D' Global DSM Derived from Alos Prism. In: *IGARSS 2018 – 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 04 November 2018, Spain, Valencia: 1612–1615. DOI: 10.1109/IGARSS.2018.8518360
- Teltscher K., Fassnacht F.E. 2018. Using Multispectral Landsat and Sentinel-2 Satellite Data to Investigate Vegetation Change at Mount St. Helens Since the Great Volcanic Eruption in 1980. *Journal Mountain Science*, 15: 1851–1867. DOI: 10.1007/s11629-018-4869-6
- Ukrainskiy P., Terekhin E., Lisetskii F., Zelenskaya E., Gusarov A. 2020. The Influence of Relief on the Density of Light-Forest Trees within the Small-Dry-Valley Network of Uplands in the Forest-Steppe Zone of Eastern Europe. *Geosciences (Switzerland)*, 10(11): 1–18. DOI: 10.3390/geosciences10110420
- Xu H., Qi S., Gong P., Liu C., Wang J. 2018. Long-Term Monitoring of Citrus Orchard Dynamics Using Time-Series Landsat Data: a Case Study in Southern China. *International Journal of Remote Sensing*, 39(22): 8271–8292. DOI: 10.1080/01431161.2018.1483088
- Zanter K. 2018. *Landsat 8 Surface Reflectance Code (LASRC) Product Guide*. Department of the Interior U.S.: 34 p.

References

- Alekseeva L.M. 1992. *Mir rasteniy. Yuzhnyye Kuril'skiye ostrova* [World of plants. Southern Kuril Islands]. Yuzhno-Sakhalinsk, Publ. Institut morskoy geologii i geofiziki DVO RAN, 259 p.
- Atayev Z.V., Bratkov V.V., Gadzhibekov M.I. 2018. Seasonal and Long-Term Dynamics of the Northwest Pre-Caspian Semi-Desert Landscapes (Exemplified by Juniper Tract "Buruny" of the Terek-Kuma Lowland). *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*, 12(4): 34–48 (in Russian). DOI: 10.31161/1995-0675-2018-12 -4-34-48
- Belova E.I., Ershov D.V. 2019. Using LANDSAT Time Series for Assessing Reforestation on Clear Cuts in Bryansk Region. *Forest Science Issues*, 2(4): 1–20 (in Russian). DOI: 10.31509/2658-607x-2019-2-4-1-20
- Bolt B.A., Horn W.L., McDonald G.A., Scott R.F. 1978. *Geologicheskiye stikhii* [Geological Hazards]. Transl. from English. B.A. Borisov. Ed. N.V. Shebalin. Moscow, Publ. Mir, 440 p.
- Bratkov V.V., Ataev Z.V. 2017. Evaluation of the Influence of Current Climatic Conditions on the Natural Territorial Complexes of the North-Eastern Caucasus (Based on the Earth's Remote Sensing Data). *Monitoring. Science and Technologies*, 2(31): 6–14 (in Russian).
- Vatserionova E.O., Kopanina A.V., Vlasova I.I. 2021. The Structure of the Bark of the Annual Stem of *Spiraea Beauverdiana* (Rosaceae) in the Conditions of the Solfatar Fields of the Golovnin Volcano's Caldera (Kunashir, South Kuril Islands). *Byulleten' Botanicheskogo sada-instituta DVO RAN*, 25: 1–15 (in Russian). DOI: 10.17581/bbgi2501
- Verkhoturov A.A. 2020. Analysis of Changes in the State of Ecosystems on Atlasov Island (Kuril Islands). *Vestnik of SGUGT (Siberian State University of Geo-Systems and Technologies)*, 25(3), 139–150 (in Russian). DOI: 10.33764/2411-1759-2020-25-3-139-150
- Ganzey K.S. 2015. *Stsenarii izmeneniya landshaftnogo raznoobraziya ostrovov pod vozdey-stviyem vulkanizma* [Scenarios of Changes in the Landscape Diversity of the Islands Under the Influence of Volcanism]. *Doklady akademii nauk*, 461 (3): 338–342. DOI: 10.7868/S0869565215090182

- Gorshkov G.S. 1967. Vulkanizm Kurilskoy ostrovnoy dugi [Volcanism of the Kurile island arc]. Moscow, Publ. Nauka, 287 p.
- Grishin S.Yu. 2019. The Main Trends in the Dynamics of Vegetation in the Territory Affected by the Catastrophic Eruption of Bezmyanny Volcano on March 30, 1956 (Kamchatka). Proceedings of the Russian Geographical Society, 151(5): 32–47 (in Russian). DOI: 10.31857/S0869-6071151532-47
- Grishin S.Yu., Perepelkina P.A., Burdukovsky M.L., Lazarev A.G. 2021. Ashfall of Shiveluch Volcano (Kamchatka) on August 29, 2019 and Its Impact on Vegetation. Proceedings of the Russian Geographical Society, 153(5): 34–47 (in Russian). DOI: 10.31857/S0869607121050049
- Gusev A.P. 2022. NDVI as an Indicator of Climatogenic Responses of Geosystems (on the Example of the South-East of Belarus). Regional Geosystems, 46(2): 200–209 (in Russian). DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-2-200-209
- Zharkov R.V. 2014. Termalnyye istochniki Yuzhnykh Kurilskikh ostrovov [Thermal springs of the South Kuril Islands]. Vladivostok, Publ. Dalnauka: 378 p.
- Zharkov R.V., Kozlov D.N. 2016. Modern Post-Volcanic Activity in the Golovnin Caldera (Kunashir Island, Kuril Islands). Monitoring. Science and Technology, 1(26): 12–18 (in Russian).
- Zuev V.V., Korotkova E.M., Pavlinskiy A.V. 2019. Climate-Related Changes in the Vegetation Cover of the Taiga and Tundra of Western Siberia in 1982–2015 According to Satellite Observations. Earth Observation and Remote Sensing, 6: 66–76 (in Russian). DOI: 10.31857/S0205-96142019666-76
- Kazakov A.I., Veselov O.V., Kozlov D.N. 2021. Statistical Analysis of the Distribution of Phreatic Eruption Products in the Caldera of the Golovnin Volcano (Kunashir Island, Kuril Islands). Geosystems of Transition Zones, 5(1): 14–26 (in Russian). DOI: 10.30730/gtr.2021.5.1.014-026
- Korznikov K.A., Kislov D.E., Krestov P.V. 2019. Modeling the Bioclimatic Range of Tall Herb Communities in Northeastern Asia. Russian Journal of Ecology, 50(3): 241–248. DOI: 10.1134/S1067413619030093
- Markhinin E.K. 1959. Vulkany ostrova Kunashir [Volcanoes of Kunashir Island]. Trudy laboratorii vulkanologii AN SSSR, 17: 64–110.
- Melkiy V.A. 2010. Petrogenesis zhelezo-titan-oksidnykh mineralov v vulkanicheskikh kompleksakh Bolshoy Kurilskoy gryady [Petrogenesis of iron-titanium oxide minerals in the volcanic complexes of the Greater Kuril Ridge]. Yuzhno-Sakhalinsk, Publ. SakhGU, 144 p.
- Melkiy V.A., Verkhoturov A.A., Bratkov V.V. 2021. Assessment Impact of Tyatya Volcano Explosive Eruptions (Kunashir Island, Kuril Islands) on the Vegetation Cover Basing on the Earth's Remote Sensing Data. Geodesy and Aerial Photography, 65(2): 184–193 (in Russian). DOI: 10.30533/0536-101X-2021-65-2-184-193
- Melkiy V.A., Verkhoturov A.A., Bratkov V.V. 2020a. Climate Influence on the State of the Northern Part of the Spruce-Fir Subzone of the Dark Coniferous Boreal Forests of Sakhalin Island. Regional Geosystems, 44(4): 415–431 (in Russian). DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-4-415-431
- Melkiy V.A., Bratkov V.V., Verkhoturov A.A., Dolgopopov D.V. 2020b. Dynamics of Volcanogenic Landscapes of Kunashir Island (Kuril Islands). Monitoring. Science and Technology, 2(44): 31–41 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.25714/MNT.2020.44.005>
- Neshataeva V.Yu., Yakubov V.V., Kuzmina E.Yu., Potemkin A.D., Kirichenko V.E. 2021. Outline of Flora and Vegetation of the Tintikun Lagoon Hot Springs (Olutorsky Bay of Bering Sea). Botanical Journal, 106(12): 1204–1226 (in Russian). DOI: 10.31857/S0006813621120061
- Modern and Holocene Volcanism in Russia. 2005. Laverov N.P., Dobretsov N.L., Bogatikov O.A., Bondur V.G. et al. Ed. by N.P. Laverov. Moscow, Publ. Nauka, 604 p. (in Russian).
- Razjigaeva N.G., Grebennikova T.A., Bazarova V.D., Sulerzhitsky L.D., Mokhova L.M., Ganzeiy L.A., Pushkar V.S., Chernov A.V. 2000. Terrestrial Late Pleistocene deposits of the Kunashiri Islands, Kurile Islands. Geology of the Pacific Ocean, 19(2): 73–86 (in Russian).
- Rybin A.V., Chibisova M.V., Degterev A.V., Guryanov V.B. 2017. Volcanic Eruptions in the Kuril Islands During XXI Century. Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, 1(191): 51–61 (in Russian).
- Terekhin E.A. 2020. Spectral Response Dynamics of the Reforestation Sites in Forests of the South of Central Russian Upland. Regional Geosystems, 44(2): 210–220 (in Russian). DOI 10.18413/27127443-2020-44-2-210-220
- Khovratovich T.S., Bartalev S.A., Kashnitsky A.B. 2019. Forest Change Detection Based on Sub-Pixel Estimation of Crown Cover Density Using Bitemporal Satellite Data. Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space, 16(4): 102–110 (in Russian). DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-4-102-110



- Shary P.A., Sharaya L.S., Sidiyakina L.V. 2020. The Relation of Forest NDVI to Climate in Volga Basin. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 17(4): 154–163 (in Russian). DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-4-154-163
- Belousov A., Belousova M., Kozlov D. 2017. Strong Hydrothermal Eruption 600 BP Inside Golovnin Caldera, Kunashir Island, Kurile arc. In: 19th EGU General Assembly, EGU 2017: Proceedings from the conference held 23–28 April 2017, Vienna, Austria: 7596.
- Biass S., Bonadonna C., Houghton B.F. 2019. A Step-by-Step Evaluation of Empirical Methods to Quantify Eruption Source Parameters from Tephra-Fall Deposits. *Journal of Applied Volcanology*, 8, 1. DOI: 10.1186/s13617-018-0081-1
- Boyte S., Wylie B., Rigge M., Dahal D. 2017. Fusing MODIS with Landsat-8 Data to Downscale Weekly Normalized Difference Vegetation Index Estimates for Central Great Basin Rangelands, USA. *GIScience and Remote Sensing*, 55(3): 376–399. DOI: 10.1080/15481603.2017.1382065
- Byer S., Jin Y. 2017. Detecting Drought-Induced Tree Mortality in Sierra Nevada Forests with Time Series of Satellite Data. *Remote Sensing*, 9: 14–17. DOI: 10.3390/rs9090929
- Farr T.G., Kobrick M. 2011. Shuttle Radar Topography Mission Produces a Wealth of Data. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 81(48): 583–585. DOI: 10.1029/EO081i048p00583
- Fassnacht F.E., Schiller C., Kattenborn T., Zhao X., Qu J.A. 2019. Landsat-Based Vegetation Trend Product of the Tibetan Plateau for the Time-Period 1990–2018. *Scientific Data*, 6(78): 1–11. DOI: 10.1038/s41597-019-0075-9
- Hart E., Sim K., Kamimura K., Meredieu C., Guyon D., Gardiner B. 2019. Use of Machine Learning Techniques to Model Wind Damage to Forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 265: 16–29. DOI: 10.1016/j.agrformet.2018.10.022
- Heck E., de Beurs K.M., Owsley B.C., Henebry G.M. 2019. Evaluation of the MODIS Collections 5 and 6 for Change Analysis of Vegetation and Land Surface Temperature Dynamics in North and South America. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 156: 121–134. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2019.07.011
- Hermosilla T., Wulder M., White J., Coops N., Hobart G. 2018. Disturbance-Informed Annual Land Cover Classification Maps of Canada’s Forested Ecosystems for a 29-Year Landsat Time Series. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 44(1): 67–87. DOI: 10.1080/07038992.2018.1437719
- Jin Y., Liu X., Chen Y., Liang X. 2018. Land-Cover Mapping Using Random Forest Classification and Incorporating NDVI Time-Series and Texture: a Case Study of Central Shandong. *International Journal of Remote Sensing*, 39(23): 1–21. DOI: 10.1080/01431161.2018.1490976
- Kharitonova N.A., Chelnokov G.A., Bragin I.V., Chudaev O.V., Shand P., Funikova V.V. 2020. Major and Trace Element Geochemistry of CO₂-Rich Groundwater in the Volcanic Aquifer System of the Eastern Sikhote-Alin (Russia). *Environmental Earth Sciences*, 79: 55. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8697-y>
- Mancino G., Ferrara A., Padula A., Nolè A. 2020. Cross-Comparison between Landsat 8 (OLI) and Landsat 7 (ETM+) Derived Vegetation Indices in a Mediterranean Environment. *Remote Sensing*, 12(2): 291. DOI: 10.3390/rs12020291
- Maxwell A.E., Warner T.A., Fang F. 2018. Implementation of Machine-Learning Classification in Remote Sensing: An Applied Review. *International Journal of Remote Sensing*, 39(9): 2784–2817. DOI: 10.1080/01431161.2018.1433343
- Nghiem V.T., Nguyen M.N., Tran V.A., Do T.P.T. 2018. Study Method for Testing Image Quality of Optical Remote Sensing Satellite of Vietnam. *Journal of Applied Mathematics and Computation*, 2(9): 357–365. DOI: 10.26855/jamc.2018.09.001
- Nguyen M.N., Tran V.A., Nghiem V.T., Do T.P.T. 2018. Method of quality validation for Vietnam’s optical remote sensing based on test sites (polygon). *Processing Vietnamese National Science and Technology Conference Surveying and Mapping*, 5 October 2018 Hanoi, Vietnam: 401–409.
- Shvartsev S.L., Tokarenko O.G., Zippa E.V., Sun Z., Gao B., Borzenko S.V. 2018. Geochemistry of the Thermal Waters in Jiangxi Province, China. *Applied Geochemistry*, 96: 113–130. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2018.06.010
- Siebert L., Simkin T., Kimberly P. 2011. *Volcanoes of the World*. 3rd edn. Smithsonian Institution, Washington DC. University of California, Berkeley, 551 p.



- Sun C., Fagherazzi S., Liu Y. 2018. Classification Mapping of Salt Marsh Vegetation by Flexible Monthly NDVI Time-Series Using Landsat Imagery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 213: 61–80. DOI: 10.1016/j.ecss.2018.08.007
- Suvanto S., Peltoniemi M., Tuominen S., Strandström M., Lehtonen A. 2019. High-Resolution Mapping of Forest Vulnerability to Wind for Disturbance-Aware Forestry. *Forest Ecology and Management*, 453: 117619. DOI: 10.1101/666305.
- Takaku J., Tadono T., Tsutsui K., Ichikawa M. 2018. Quality Improvements of ‘AW3D’ Global DSM Derived from Alos Prism. In: *IGARSS 2018 – 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 04 November 2018, Spain, Valencia: 1612–1615. DOI: 10.1109/IGARSS.2018.8518360.
- Teltscher K., Fassnacht F.E. 2018. Using Multispectral Landsat and Sentinel-2 Satellite Data to Investigate Vegetation Change at Mount St. Helens Since the Great Volcanic Eruption in 1980. *Journal Mountain Science*, 15: 1851–1867. DOI: 10.1007/s11629-018-4869-6.
- Ukrainskiy P., Terekhin E., Lisetskii F., Zelenskaya E., Gusarov A. 2020. The Influence of Relief on the Density of Light-Forest Trees within the Small-Dry-Valley Network of Uplands in the Forest-Steppe Zone of Eastern Europe. *Geosciences (Switzerland)*, 10(11): 1–18. DOI: 10.3390/geosciences10110420.
- Xu H., Qi S., Gong P., Liu C., Wang J. 2018. Long-Term Monitoring of Citrus Orchard Dynamics Using Time-Series Landsat Data: a Case Study in Southern China. *International Journal of Remote Sensing*, 39 (22): 8271–8292. DOI: 10.1080/01431161.2018.1483088.
- Zanter K. 2018. *Landsat 8 Surface Reflectance Code (LASRC) Product Guide*. Department of the Interior U.S.: 34 p.

*Поступила в редакцию 22.08.2022;
поступила после рецензирования 19.09.2022;
принята к публикации 27.09.2022*

*Received August 22, 2022;
Revised September 19, 2022;
Accepted September 27, 2022*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мелкий Вячеслав Анатольевич, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории вулканологии и вулканопасности Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Южно-Сахалинск, Россия

Верхотуров Алексей Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Центра коллективного пользования, Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Южно-Сахалинск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vyacheslav A. Melkiy, Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher of the laboratory of Volcanology and volcanic hazard of the Institute of Marine Geology and Geophysics of the FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Alexey A. Verkhoturov, Ph.D. Technical Sciences, Senior Researcher of Center for collective use, Institute of marine Geology and Geophysics of the FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia



УДК 502(571.621)
DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-574-584

Использование универсальной энтропийной модели для оценки экологического состояния территорий сельских поселений

³ Косинова И.И., ² Игнатенко И.М., ¹ Базарский О.В., ³ Курьшев А.А., ³ Бударина В.А.

¹ Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 а

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

³ Воронежский государственный университет,
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1
E-mail: kaa@geol.vsu.ru

Аннотация. Сельские поселения современной России являются основой продовольственной политики страны, обеспечивают её демографическое и экономическое развитие. Осложняющим фактором является размещение сельских поселений в непосредственной близости от особо опасных промышленных и горнодобывающих объектов. Данное обстоятельство представляет собой вид воздействия, который сложно оценить в интегральном формате. В настоящее время разработаны частные методики оценки экологического состояния отдельных геосфер Земли, основанные на измерениях несовместимых показателей. Цель работы – разработка модели, пригодной для единого описания экологического состояния различных геосфер территорий сельских поселений, расположенных на участках различного уровня техногенного воздействия, которая основана на частной методике измерения экологического состояния приповерхностного слоя литосферы. В результате исследований построена модель динамического хаоса экологического состояния поверхностной части для территории сельских поселений Старооскольского района Белгородской области по уровню её загрязнения тяжёлыми металлами. Оценка уровня загрязнения по соответствующим шкалам показала, что средний уровень энтропии сельских поселений Старооскольского района Белгородской области находится в ранге нормы, по СПЗ – в ранге опасного. В заключении показано, что незначительная разница в оценках связана с незаконным с точки зрения математики сложением неаддитивных величин при вычислении СПЗ, что исключено в энтропийной модели динамического хаоса.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, суммарный показатель загрязнения, моделирование, горнодобывающая промышленность, энтропия, устойчивость, эколого-геологические системы

Для цитирования: Косинова И.И., Игнатенко И.М., Базарский О.В., Курьшев А.А., Бударина В.А. 2022. Использование универсальной энтропийной модели для оценки экологического состояния территорий сельских поселений. Региональные геосистемы, 46(4): 574–584. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-574-584

Use of a Universal Entropy Model to Assess the Ecological State of the Rural Settlements Territories

³ Irina I. Kosinova, ² Ignat M. Ignatenko, ¹ Oleg V. Bazarsky,

³ Alexander A. Kuryshev, ³ Victoria A. Budarina

¹ Air Force Military Educational and Scientific Center
“Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin”,
54a Old Bolsheviks St, Voronezh 394064, Russia

² Belgorod State National Research University,
85 Pobedy St, Belgorod 308015, Russia

³ Voronezh State University,
1 Universitetskaya Pl, Voronezh 394018, Russia
E-mail: kaa@geol.vsu.ru

Abstract. Rural settlements of modern Russia are the basis of the country's food policy. They provide its demographic and economic development. A complicating factor is the placement of especially dangerous

industrial and mining facilities rural settlements in the immediate vicinity. This type of impact is difficult to assess in an integral format. Currently, private methods have been developed for assessing the ecological state of the Earth individual geospheres. They are based on incompatible indicators measurements. These measures are not additive. They cannot be used to build a single model. The purpose of the work is to develop a model for a unified description of rural settlements the territories various geospheres the ecological state. Settlements are located in technogenic impact various levels areas. The model is based on a particular technique for measuring the ecological state of the lithosphere near-surface layer. A model of the dynamic chaos of the ecological state of the surface part was built for the territory of the Belgorod region the Starooskolsky district rural settlements in terms of its pollution with heavy metals. Assessment of the level of pollution according to the corresponding scales showed that the average level of entropy of rural settlements of the Starooskolsky district of the Belgorod region is in the rank of the norm, according to the SPZ – in the rank of dangerous. A slight difference in estimates is associated with the addition of non-additive values illegal from the point of view of mathematics in the calculation of SPZ. In the entropy model of dynamic chaos, this is excluded. This model shows that at low pollution levels the process is dynamic. When the current entropy increases due to bifurcations, an unstable chaotic state of the ecological system arises.

Key words: pollutants, total pollution index, modeling, ecological geology researches, entropy and sustainability of the ecological-geological system

For citation: Kosinova I.I., Ignatenko I.M., Bazarsky O.V., Kuryshv A.A., Budarina V.A. Use of a Universal Entropy Model to Assess the Ecological State of the Rural Settlements Territories Regional Geosystems, 46(4): 574–584 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-574-584

Введение

Современные научные исследования в области обеспечения экологической безопасности территорий приурочены, как правило, к особо опасным объектам, расположенным в пределах крупных населённых пунктов. Это обстоятельство связано с тем, что в советский период большинство промышленных предприятий размещалось непосредственно в городах. Подобная схема определялась удобной и низкокзатратной системой работы служебного транспорта, налаженным бытом, условиями транспортировки сырья и готовой продукции. В результате были сформированы промышленно-селитебные районы, в которых дома сотрудников крупных промышленных объектов размещались непосредственно за заборами самих предприятий [Василенко, Свергузова, 2019; Косинова и др., 2019; Сукало, 2022]. В середине прошлого века проблемы экологической безопасности не рассматривались. Сельские поселения в этом отношении выгодно отличались, их экологическая безопасность значительное время находилась на высоком уровне. Однако развитие экологических направлений в различных отраслях науки привело к пересмотру соответствующих разделов проектирования. Были актуализированы подходы, определяющие вынос особо опасных объектов на расстояния до 15 км от крупных населённых пунктов. Ярким примером обозначенного выше подхода стал Оскольский электрометаллургический комбинат. Следует отметить, что это единственное в России металлургическое производство полного цикла, в котором реализованы технологии прямого восстановления железа. Плавка в электропечах снимает целый спектр экологических проблем металлургических предприятий. Однако данное предприятие было размещено в 9 км от города Старый Оскол и первая плавка в электросталеплавильном цехе была проведена в 1984 году. В результате обозначенной парадигмы произошло перераспределение техногенной нагрузки в пространстве с захватом территорий сельских поселений. Так возникла проблема техногенного преобразования данных территорий, что актуализировало проблему их оценок и экологических прогнозов. В частности, нами



разработана методика интегральной геоэкологической оценки территорий длительно существующих объектов логистики нефтепродуктов [Fonova et al., 2021], которая определяет уровни комфортности среды обитания.

Тем не менее, в настоящее время не существует единой методики оценки экологического состояния техногенно преобразованных территорий. Разработаны частичные методики измерения экологического состояния отдельных геосфер: атмосферы, гидросферы и литосферы [Косинова, Ильяш, 2001; Негроров и др., 2005; Никиян, Давыдова, 2013; Стародубцев, 2014; Гарецкий, Каратаев, 2015; Михайлов, Добролюбов, 2017; Ильяш, 2019; Геология, геоэкология ..., 2020; СанПиН 1.2.3685-21, 2021]. Вследствие различных физических состояний этих геосфер введены и гостированы различные показатели измерения их экологического состояния: индекс загрязнения воздуха, суммарный показатель концентрации или загрязнения приповерхностной части литосферы (СПК и СПЗ), индекс загрязнения поверхностных вод. Все эти показатели основаны на вычислениях коэффициентов концентрации загрязняющих веществ (ЗВ), либо относительно фоновых значений, либо относительно предельно допустимой концентрации. Объединить эти частные методики в единую систему показателей невозможно, так как отсутствует единая модель описания экологического состояния различных геосфер. Отсюда вытекают две частные причины:

- 1) Абсолютно разные подходы при измерении экологического состояния различных геосфер.
- 2) Различные шкалы, применяемые при ранжировании измерений и не имеющие верхней границы.

Объекты и методы исследования

Разработка единой методики измерения экологического состояния различных геосфер Земли очень сложная задача, связанная с различием физико-химических процессов, протекающих в этих геосферах.

Целью данной работы является разработка модели, пригодной для единого описания экологического состояния различных геосфер территорий сельских поселений, расположенных на участках различного уровня техногенного воздействия, которая основана на частной методике измерения экологического состояния приповерхностного слоя литосферы. Выбор данного объекта исследования определяется по следующим причинам:

- приповерхностный слой литосферы является депонирующей средой, уровень загрязнения которой изменяется достаточно медленно. Этот уровень определяется суммарным воздействием как антропогенных факторов, так и самоочищением среды;
- имеется большая статистика как по пространственному загрязнению этой среды в различных регионах России, так и его динамике.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Создать модель, пригодную для единого описания экологического состояния различных геосфер.
2. Проанализировать эффективность и возможность применения для разработки единой методики существующих показателей СПК и СПЗ.
3. Разработать универсальную методику измерения экологического состояния приповерхностного слоя литосферы, пригодную для создания единой методики.

Универсальная модель для единого описания экологического состояния различных геосфер должна соответствовать следующим требованиям:

- быть аддитивной, чтобы можно было суммировать вклад её различных подсистем;

– быть цикличной и, соответственно, нелинейной, так как все сложные системы длительно функционируют циклично. При этом конечные экологические характеристики одного цикла должны быть входными для последующего;

– иметь ограниченную шкалу её состояний как снизу, так и сверху одинаковую для всех геосфер.

Указанным требованиям соответствует модель Ферхюльста ограниченного роста параметра [Шустер, 1988; Крянев, Лукин, 2006; Козырев, 2014; Стародубцев, Исаев, 2018], представляющая собой одномерное дискретное отображение, формируемое рекуррентным соотношением

$$P_{n+1} = q \cdot X_n \cdot (1 - X_n) \quad \forall n = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где X_n величина исследуемого параметра n -той итерации, а X_{n+1} на $n+1$ -ой; n – номер итерации; N – количество итераций; q – внешний управляющий параметр.

Слагаемое qX_n в выражении (1) характеризует линейное приращение параметра на n -той итерации, а второе слагаемое $(-q \cdot X_n^2)$ – нелинейный сдерживающий фактор, накладывающий ограничения на бесконечный рост параметра.

Для универсальной модели, описывающей экологическое состояние различных геосфер, управляющий параметр должен быть аддитивным. Логично предположить, что это текущая энтропия S экологической системы, характеризующая степень беспорядка (хаоса), приобретаемого системой за счёт антропогенного воздействия [Экологическая геология ..., 2015].

При этом, если принять, что X принадлежит интервалу $[0,1]$, то область существования S принадлежит интервалу $[0,4]$. Переобозначим $X = P$. Тогда параметр P характеризует устойчивость системы [Ла-Салль, Лефшец, 1964; Ким, 2007]. При $P = 0$ – абсолютная устойчивость динамической системы, при $P = 1$ – абсолютная неустойчивость системы, переходящая в хаотическое состояние.

Таким образом, модифицированная для описания экологического состояния различных геосфер модель Ферхюльста принимает следующий вид

$$P_{n+1} = S \cdot P_n \cdot (1 - P_n). \quad (2)$$

Здесь P_1 – устойчивость экологической системы при начальных условиях её существования. Можно положить, что в этом случае система пребывает в одном состоянии, соответствующим природному фону, и её энтропия $S = 0$.

Увеличение энтропии за счёт антропогенного воздействия приводит к увеличению неустойчивости системы, зависящий от числа итераций n . Для депонирующей среды можно положить, что $n = 1$ соответствует одному году.

На рис. 1 приведена бифуркационная диаграмма модели для $n \in [30-100]$. Видно, что первая точка перегиба наблюдается при $S \in [0,69-1]$. Здесь возникает уход от абсолютной устойчивости системы. Второй перегиб наблюдается при $S = 2$ (устойчивая точка), когда приращение неустойчивости замедляется. При $S = 3$ возникает следующая неустойчивость системы, связанная с первой бифуркацией, когда система самопроизвольно выбирает один из двух возможных путей развития. Далее бифуркации циклически повторяются, и система при $S \geq 3,5$ переходит к абсолютному хаосу.

Таким образом, при столетнем цикле развития эколого-геологической системы можно сформулировать следующую ограниченную снизу и сверху шкалу её экологического состояния, представленную в табл. 1.

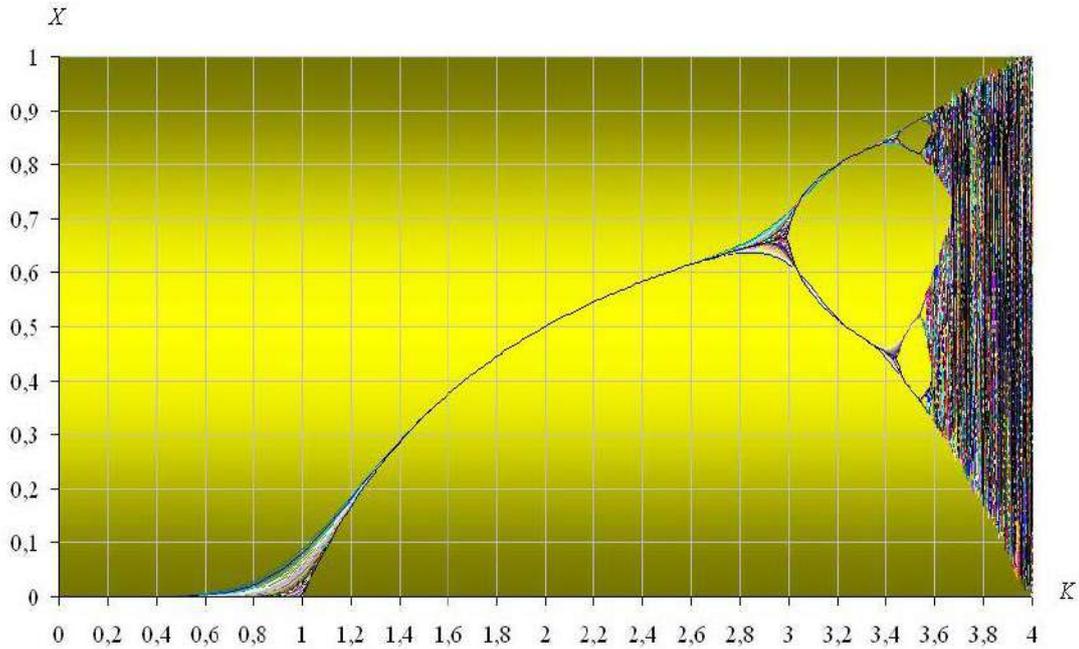


Рис. 1. Бифуркационная диаграмма развития ЭГС $n \in [30–100]$
 Fig. 1. Bifurcation diagram of the EGS development $n \in [30–100]$

Таблица 1
 Table 1

Шкала ранжирования ЭГС по уровню её беспорядка (энтропии) и устойчивости
 EGS ranking scale by the level of its disorder (entropy) and stability

Параметры системы	Ранги	Характеристики рангов
$0 \leq S \leq 1;$ $0 \leq P \leq 0,05$	Экологическая норма	Антропогенное воздействие по каждому загрязняющему веществу не превышает ПДК
$1 < S \leq 2;$ $0,05 < P \leq 0,5$	Экологический риск	Уровень антропогенного воздействия превышает ПДК, но системы утилизации среднестатистического человека справляются с этой нагрузкой. Система находится в устойчивом равновесии
$2 < S \leq 3;$ $0,5 < P \leq 0,67$	Компенсированный экологический кризис	Переходный процесс из устойчивого равновесия в неустойчивое. За счёт проведения эколого-медицинских мероприятий ещё возможно удержать её в квазиустойчивом состоянии
$3 < S \leq 3,5;$ $0,67 < P \leq 0,85$	Некомпенсированный экологический кризис	За счёт первой бифуркации система переходит в состояние динамического хаоса, и возможны два непредсказуемых пути её развития
$3,5 < S \leq 4;$ $0,85 < P \leq 1$	Бедствие	Множественные бифуркации. Система находится в состоянии абсолютного хаоса. Старая популяция погибает. Однако при $S = 3,77$ существует окно, в котором возможно выживание приспособившиеся части старой популяции и зарождения новой.

Для вычисления показателя СПК необходимо знать региональный фон территории.

$$СПК = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{\phi i}} - (n-1) = \sum_{i=1}^n K_{ki} - (n-1), \quad (3)$$

где C_i – концентрация i -того загрязняющего вещества; $C_{\text{фи}}$ – фоновое значения этой концентрации; n – число загрязняющих веществ; K_{ki} – фоновый коэффициент концентрации. Это региональный показатель, который не является универсальным.

Более общим является показатель СПЗ, где вычисление коэффициентов концентрации осуществляется путём деления измеренных концентраций на предельно допустимые концентрации (ПДК), являющиеся универсальными.

$$СПК = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} - (n-1) = \sum_{i=1}^n K_i - (n-1) \quad (4)$$

Здесь $K_i > 1$ – коэффициенты концентрации, превышающие ПДК, берущиеся в расчёт.

Слагаемое $(n-1)$ приводит начальные значения шкал СПК и СПЗ к единице, если все измеренные значения загрязняющих веществ равны ПДК.

Для малого числа загрязняющих веществ шкала ранжирования СПЗ приведена в табл. 2 [Базарский, Косинова, 2005].

Для анализа эффективности этого показателя проанализируем его возможности на примере загрязнения тяжёлыми металлами приповерхностных отложений Обуховского, Долгополянского и Стригуновского сельских поселений. Были проведены измерения в 76 точках территории с определением концентрации следующих тяжёлых металлов: никеля, цинка, свинца, меди, марганца, железа, кадмия, мышьяка. Превышение ПДК наблюдалось только по никелю, цинку и не существенное по мышьяку – 1,05 ПДК.

Таблица 2
Table 2

Ранжирование суммарного показателя загрязнения экологической системы
Ranking of the ecological system pollution total indicator

Показатель	Ранги
$СПЗ < 1$	Допустимый
$1 \leq СПЗ < 2$	Умеренно опасный
$2 \leq СПЗ < 5$	Опасный
$5 \leq СПЗ < 10$	Высоко опасный
$СПЗ \geq 10$	Чрезвычайно опасный

По результатам измерений построены гистограммы – законы распределения загрязняющих веществ по никелю и цинку, рисунки 2 и 3. Источник загрязнения – Стойленский ГОК и Оскольский электрометаллургический комбинат (ОЭМК). Минимальный шаг дискретизации определяется точностью измерительных приборов. Однако в этом случае большая часть градаций имеет нулевую вероятность из-за ограниченности числа измерений. Поэтому шаг дискретизации градаций и их число выбиралось исходя из двух факторов. Точность статистической обработки результатов измерений должна быть менее 0,5 ПДК, при минимуме числа градаций с нулевой вероятностью. На гистограммах показаны две шкалы: шкала концентрации в мг/кг со средними арифметическими значениями каждой градации и шкала коэффициентов концентрации. Стрелки показывают порог отсечения неопасных градаций.

За истинное значение измеряемой по гистограмме величины принимается её математическое ожидание.

$$\langle K \rangle = \sum_{i=i_0}^N P_i \cdot K_i, \quad (5)$$

где i_0 – первая градация, имеющая $K_i > 1$, N – число градаций.

Отметим, что величина K_i определяет число состояний i -того ранга гистограммы, а P_i – вероятность этого состояния. Но K_i – это ущерб, выносимый этой градацией в загрязнение окружающей среды, а $P_i \cdot K_i$ – это экологический риск, создаваемый i -той градацией.

Математическое ожидание $\langle K \rangle$ – это среднестатистическая величина экологического риска, создаваемого опасными градациями одного загрязняющего вещества (ЗВ).

Результаты и их обсуждение

По никелю $\langle K \rangle_{Ni} = 0,63$ (рис. 2). Шаг дискретизации $\Delta C = 6$ мг/кг при шести градациях. Точность обработки 0,3 ПДК.

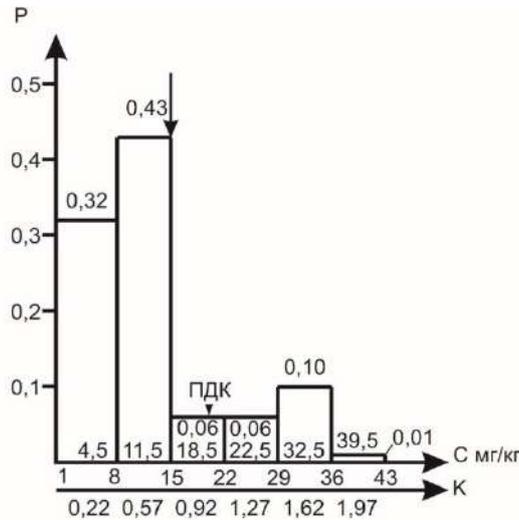


Рис. 2. Закон распределения (гистограмма) загрязнения приповерхностных отложений Обуховского, Долгополянского и Стригуновского сельских поселений по никелю
 Fig. 2. Law of distribution (histogram) of pollution of near-surface deposits of Obukhovskoye, Dolgopolyanskoye and Strigunovskoye rural settlements by nickel

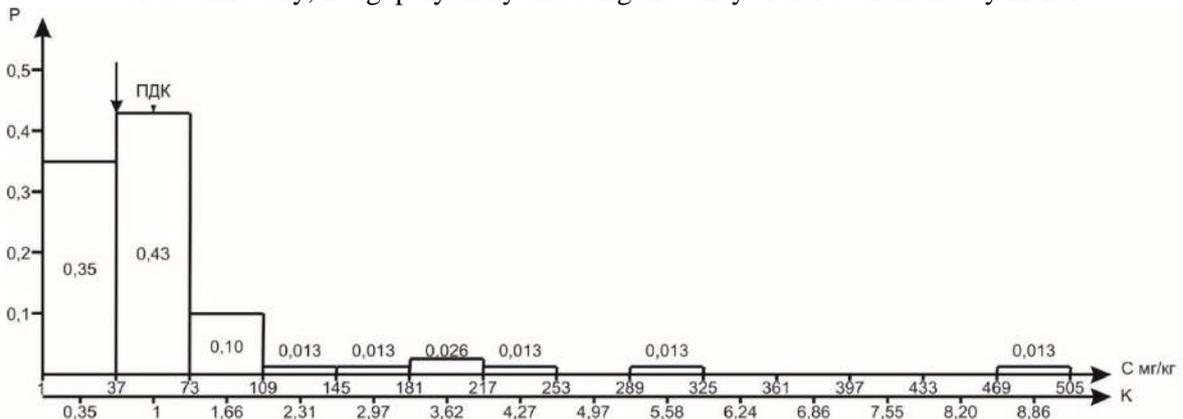


Рис. 3. Закон распределения (гистограмма) загрязнения приповерхностных отложений Обуховского, Долгополянского и Стригуновского сельских поселений по цинку
 Fig. 3. Law of distribution (histogram) of pollution of near-surface deposits of Obukhovskoye, Dolgopolyanskoye and Strigunovskoye rural settlements by zinc

Проанализируем теперь гистограмму загрязнения по цинку (рис. 3). Здесь наблюдается очень большая вариабельность пространственного распределения этого загрязняющего вещества. В соответствии с этим, шаг дискретизации выбран равным 36 мг/кг при точности обработки 0,25 ПДК. Число градаций 14. Но при этом ряд градаций имеют нулевые вероятности из-за недостатка числа изменений при существующей вариабельности загрязнения по цинку. Величина экологического риска по цинку $\langle K \rangle_{Zn} = 1,86$.

Тогда СПЗ = 0,63 + 1,86 – 1 = 1,49. Следовательно, загрязнение территорий сельских поселений тяжёлыми металлами находится в ранге умеренно опасного.

Принятая методика вычисления СПЗ, по сути, является «общественным договором», так как ранги определены на основе экспертных оценок. Она не может быть универсальной для различных геосфер, потому что в методике происходит суммирование приведённых экологических рисков, которые не являются аддитивной величиной, что некорректно. В авторской статье [Базарский, Косинова, 2005] предложена методика геометрического суммирования индекс-векторов экологических рисков, пригодная для депонирующей ЭГС, но её универсальность не доказана. Методика измерения экологического состояния ЭГС складывается из следующих шагов:

1. Производятся эколого-геологические изыскания по определению концентраций стандартного перечня ЗВ. Выявляются опасные ЗВ, средние значения концентраций которых превышают ПДК. Это стандартная процедура.

2. Строятся гистограммы загрязнения урбанизированной территории выявленными опасными ЗВ.

3. На гистограммах отбрасываются неопасные градации, у которых коэффициенты концентрации не превышают единицы.

4. Аддитивной величиной, определяющей экологическое состояние любой геосферы, является её энтропия, то есть каждый опасный ранг гистограммы должен определяться не экологическим риском, а приращением энтропии

$$S_i = P_i \ln K_i, \quad (6)$$

где K_i – логарифм числа состояний i -го ранга, P_i – вероятность его реализации.

5. Полное приращение энтропии, создаваемое одним загрязняющим веществом, определяется выражением:

$$S_1 = \sum_{i=i_0}^N P_i \ln K_i, \quad (7)$$

где N – число опасных рангов гистограммы.

По законам статистической физики [Компьютеры и нелинейные ..., 1988; Матвеев, 2006] общее число состояний системы, состоящей из N подсистем, определяется не суммой, а произведением числа состояний. Аддитивно можно складывать только логарифмы числа состояний, выражение (7).

6. На заключительном этапе методики, реализующей предложенную универсальную модель (2), необходимо вычислять полное приращение энтропии, создаваемое всеми опасными ЗВ

$$7. \Delta S_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n S_j.$$

Для сравнения со стандартным показателем СПЗ рассчитаем величину полной энтропии для современного экологического состояния Обуховского, Долгополянского и Стригуновского сельских поселений.

$$S_{Ni} = \sum_{i=3}^6 P_i \ln K_i = -0,005 + 0,014 + 0,048 + 0,067 = 0,124$$

$$S_{Zn} = \sum_{i=2}^{14} P_i \ln K_i = 0 + 0,05 + 0,01 + 0,01 + 0,33 + 0,018 + 0,01 + 0,028 = 0,456.$$

Суммарная энтропия $S_{\Sigma} = 0,063 + 0,455 = 0,58$. Обращаясь к рис. 1, с учётом того, что антропогенное загрязнение исследуемых территорий продолжается порядка 100 лет, получаем, что в настоящее время экосистема сельских поселений по тяжёлым металлам является абсолютной устойчивой и находится в ранге экологической нормы.



Вычисленный СПЗ дал следующий результат: загрязнение по тяжёлым металлам – умеренно опасное. Последний результат связан с точечным высоким загрязнением по цинку вблизи Стойленского ГОКа, где производятся буровзрывные работы. Но в целом, загрязнение всей территории исследуемых сельских поселений находится в ранге экологической нормы, что и даёт более точная аддитивная энтропийная модель.

Заключение

Математическое ожидание уровня загрязнения по одному веществу определяет экологический риск, приводящий к деградации окружающей среды. Суммирование этих показателей некорректно и даёт завышенную оценку уровня деградации среды, даже по ограниченному числу загрязняющих веществ.

Универсальной аддитивной моделью, описывающей деградацию окружающей среды, является модель Ферхюльста, модифицированная для экологического описания сред различной физической природы. В ней управляющим параметром является текущая энтропия системы $0 \leq S \leq 4$, а результатом ряда циклических итераций является уровень её устойчивости $0 \leq P \leq 1$.

Полная энтропия эколого-геологических систем по ряду n загрязняющих веществ определяется выражением:

$$\Delta S_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^{N_i} P_i \ln K_i \right),$$

где K_i – число состояний одного загрязняющего вещества, P_i – вероятность их реализации, N_i – число опасных градаций.

Выявлено, что загрязнение территорий Обуховского, Долгополянского и Стригуновского сельских поселений Старооскольского района Белгородской области находится в ранге экологической нормы.

Разработанная энтропийная модель ЭГС является аддитивной, может стать базовой для оценки деградации компонентов окружающей среды техногенно нагруженных территорий сельских поселений.

Список источников

- Василенко Т.А., Свергузова С.В. 2019. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза инженерных проектов. М., Вологда, Инфра-Инженерия, 265 с.
- Ильяш В.В. 2019. Физика земли. Старый Оскол, 68 с.
- Ким Д.П. 2007. Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. М., Физматлит, 440 с.
- Матвеев А.Н. 2006. Молекулярная физика. Москва, Оникс: Мир и Образование, 358 с.
- Михайлов В.Н., Добролюбов С.А. 2017. Гидрология. М., Берлин, Директ-Медиа, 753 с.
- Никиян А., Давыдова О. 2013. Биофизика. Оренбург, Оренбургский государственный университет, 104 с.
- СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Москва, Минюст России, 1025 с.
- Стародубцев В.С. 2014. Эколого-гидрогеологическое прогнозирование и моделирование. Воронеж, Воронежский государственный университет, 116 с.
- Сукало Г.М. 2022. Надзор и контроль в сфере безопасности. М., Директ-Медиа, 308 с.

Список литературы

- Базарский О.В., Косинова И.И. 2005. О единой метрике комплексного эколого-геологического пространства. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология, 2: 168–172.
- Гарецкий Р.Г., Каратаев Г.И. 2015. Эколого-тектонифизическая среда Беларуси. Минск, Белорусская наука, 184 с.

- Геология, геоэкология, эволюционная география. 2020. Под ред. Е.М. Нестерова, В.А. Снытко. СПб., Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена (РГПУ), 296 с.
- Козырев С.Б. 2014. Методическая программная поддержка динамической системы Ферхюльста. Вестник Костромского государственного университета имени Н.А. Некрасова, 20(5): 8–14.
- Компьютеры и нелинейные явления. Информатика и современное естествознание. 1988. М., Наука, 190 с.
- Косинова И.И., Бударина В.А., Фонова О.Г., Долбилова С.В., Зинченко Е.В. 2019. Преобразование абиотических компонентов природной среды в районах длительно существующих объектов логистики нефтепродуктов. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология, 1: 88–92.
- Косинова И.И., Ильяш В.В. 2001. Особенности и функциональное назначение эколого-геологических исследований территорий. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология, 11: 230–236.
- Крянев А.В., Лукин Г.В. 2006. Математические методы обработки неопределенных данных. М., Физматлит, 281 с.
- Ла-Салль Ж., Лефшец С. 1964. Исследование устойчивости прямым методом Ляпунова. М., Мир, 168 с.
- Негробов О.П., Астанин И.К., Стародубцев В.С., Астанина Н.Н. 2005. Оценка локального загрязнения приземного слоя атмосферы с учетом регионального переноса. В кн.: Проблемы охраны окружающей среды современного города. Материалы I Межрегиональной научно-практической конференции, 30 мая 2005. Воронеж, Кривичи: 31–36.
- Стародубцев В.С., Исаев О.В. 2018. Модели и алгоритмы оценки устойчивости функционирования информационной системы в условиях воздействия негативных факторов. Вестник Воронежского института ФСИИ России, 1: 104–107.
- Шустер Г. 1988. Детерминированный хаос. Введение. М., Мир, 240 с.
- Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика). 2015. Под ред. И.И. Косиновой. Воронеж, Воронежская областная типография – издательство им. Е.А. Болховитинова, 576 с.
- Kosinova I.I., Fonova O.G., Fonova S.I. 2021. Assessment Criteria for Ecological and Geological Zoning of Territories. South of Russia: ecology, development, 16(4(61)): 104–112. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-104-112

References

- Bazarsky O.V., Kosinova I.I. 2005. About Indivisible Birth Certificate of Complex Ecological-Geological Area. Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology, 2: 168–172. (in Russian).
- Garetskiy R.G., Karataev G.I. 2015. Ekologo-tektonofizicheskaya sreda Belarusi [Ecological and Tectonophysical Environment of Belarus]. Minsk, Publ. Belorusskaya nauka, 184 p.
- Geologiya, geoekologiya, evolyutsionnaya geografiya [Geology, Geoecology, Evolutionary Geography]. 2020. Ed. by E.M. Nesterov, V.A. Snytko. Saint Petersburg, Publ. Rossiyskiy gosudarstvennyy pedagogicheskiy universitet im. A.I. Gertsena (RGPU), 296 p.
- Kozyrev S.B. 2014. Methodological Software Support of Verhulst Dynamic System. Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta imeni N.A. Nekrasova, 20(5): 8–14. (in Russian).
- Kompyutery i nelineynyye yavleniya. Informatika i sovremennoye estestvoznaniye [Computers and nonlinear phenomena. Informatics and Modern Natural Science]. 1988. Moscow, Publ. Nauka, 190 p.
- Kosinova I.I., Bударина V.A., Фонова O.G., Долбилова S.V., Зинченко E.V. 2019. Transformation of Abiotic Components of the Environment in Areas of Long-Existing Oil Products Logistics Facilities. Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology, 1: 88–92 (in Russian).
- Kosinova I.I., Ilyash V.V. 2001. Osobennosti i funktsionalnoye naznacheneye ekologo-geologicheskikh issledovaniy territoriy [Features and Functional Purpose of Ecological and Geological Studies of Territories]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya, 11: 230–236.
- Kryanev A.V., Lukin G.V. 2006. Matematicheskie metody obrabotki neopredelennykh dannykh [Mathematical methods for processing uncertain data]. Moscow, Publ. Fizmatlit, 281 p.
- La-Salle J., Lefschetz S. 1964. Stability by Liapunov's direct method. Moscow, Publ. Mir, 168 p. (in Russian).
- Negrobov O.P., Astanin I.K., Starodubtsev V.S., Astanina N.N. 2005. Otsenka lokalnogo zagryazneniya prizemnogo sloya atmosfery s uchetom regionalnogo perenosa [Assessment of local pollution of the



- surface layer of the atmosphere, taking into account regional transport]. In: Problemy okhrany okruzhayushchey sredy sovremennogo goroda [Problems of environmental protection of the modern city]. Materials of the I Interregional Scientific and Practical Conference, 30 May 2005. Voronezh, Publ. Krivichi: 31–36.
- Starodubtsev V.S., Isaev O.V. 2018. Models and Algorithms of Assessment of Stability of Functioning of the Information System in the Conditions of Influence of Negative Factors. Proceedings of Voronezh Institute of the Russian Federal Penitentiary Service, 1: 104–107 (in Russian).
- Shuster G. 1988. Deterministic chaos: An Introduction. Moscow, Publ. Mir, 240 p. (in Russian).
- Ekologicheskaya geologiya krupnykh gornodobyvayushchih rajonov Severnoj Evrazii (teoriya i praktika) [Ecological Geology of Large Mining Areas of Northern Eurasia (Theory and Practice)]. 2015. Ed. by Kosinova I.I. Voronezh, Voronezhskaya oblastnaya tipografiya – izdatelstvo im. E.A. Bolkhovitina, 576 p.
- Kosinova I.I., Fonova O.G., Fonova S.I. 2021. Assessment Criteria for Ecological and Geological Zoning of Territories. South of Russia: ecology, development, 16(4(61)): 104–112. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-104-112

*Поступила в редакцию 08.10.2022;
поступила после рецензирования 02.11.2022;
принята к публикации 15.11.2022*

*Received October 08, 2022;
Revised November 02, 2022;
Accepted November 15, 2022*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Косинова Ирина Ивановна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой экологической геологии Воронежского государственного университета, Воронеж, Россия

Irina I. Kosinova, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Head of the Department of Ecological Geology of the Voronezh State University, Voronezh, Russia

Игнатенко Игнат Михайлович, кандидат технических наук, доцент, директор института наук о Земле Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия

Ignat M. Ignatenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Базарский Олег Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор Военного учебно-научного центра военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Россия

Oleg V. Bazarsky, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Air Force Military Educational and Scientific Center of the “Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin”, Voronezh, Russia

Курышев Александр Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры экологической геологии Воронежского государственного университета, Воронеж, Россия

Alexander A. Kuryshev, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecological Geology of the Voronezh State University, Voronezh, Russia

Бударина Виктория Александровна, кандидат юридических наук, доцент кафедры экологической геологии Воронежского государственного университета, Воронеж, Россия

Victoria A. Budarina, Candidate of Legal Sciences, Associate Professor of the Department of Ecological Geology of the Voronezh State University, Voronezh, Russia

УДК 631.4:633.31/37:631.86
DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-585-595

Геоэкологические особенности распределения серы и марганца в агроэкосистемах Белгородской области

Жуйков Д.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Центр агрохимической службы «Белгородский»
Россия, 308027, г. Белгород, ул. Щорса, д. 8
E-mail: den17den@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследования содержания и распределения серы и марганца в агроэкосистемах Прохоровского и Ровеньского районов Белгородской области. На территориях, различающихся почвенно-географическими и климатическими условиями, проводили сравнительный анализ содержания элементов в базовых компонентах агроэкосистем – почвах и растительности. Кроме данных о валовом содержании серы и марганца в почвенном покрове представлены данные о концентрации доступных для растений подвижных форм изучаемых элементов, установлена интенсивность накопления серы и марганца культурными растениями, культивируемыми в области. Результаты исследований на пашне сравнили с результатами фонового мониторинга, проводимого на участках (кластерах) государственного природного заповедника «Белогорье». Представлена динамика изменения содержания подвижных форм серы и марганца в пахотных почвах области при изменяющемся уровне антропогенной нагрузки. Несмотря на увеличение объемов внесения органических удобрений (главного источника серы и марганца) в агроэкосистемы региона, значительная доля обследованной площади пашни продолжает характеризоваться низким содержанием подвижных форм серы и марганца – 90,3 и 38,8 % соответственно. Наибольшие значения коэффициента биологического поглощения (КБП) марганца были характерны для белого люпина, а серы – для многолетних трав, возделываемых на пашне.

Ключевые слова: сера, марганец, органические удобрения, пашня, зернобобовые культуры, коэффициент биологического поглощения

Для цитирования: Жуйков Д.В. 2022. Геоэкологические особенности распределения серы и марганца в агроэкосистемах Белгородской области. Региональные геосистемы, 46(4): 585–595. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-585-595

Geocological Features of the Distribution of Sulfur and Manganese in Agroecosystems of the Belgorod Region

Denis V. Zhuikov

FSBI «Agrochemical Service Center «Belgorodsky»
8 Schorsa St, Belgorod 308027, Russia
E-mail: den17den@mail.ru

Abstract. The aim of the study was to conduct agroecological monitoring of sulfur and manganese content in the ecosystems of the forest-steppe and steppe zones of the Central Chernozem region of Russia (on the example of the Belgorod region). The current data on the gross content and content of mobile forms of sulfur and manganese in the soil cover of the region, plant products, organic fertilizers. A comparative analysis of the content of elements in the soils of different climatic zones on arable land and virgin lands was carried out, the intensity of accumulation of sulfur and manganese by cultivated plants and vegetation of protected ecosystems was established. The increase in the volume of organic fertilizers in the agroecosystems of the region has led to a steady trend towards an increase in the weighted average content of mobile forms of sulfur and manganese in arable soils, however, a significant proportion of arable land



continues to be characterized by a low content of sulfur available to plants (90.3 %) and manganese (38.8 %), which negatively affects soil productivity. Among agricultural crops, perennial leguminous grasses accumulate sulfur most intensively, and *Lupinus albus* plants accumulate manganese. When studying the chemical composition of the vegetation cover of nature reserves, it was found that sulfur and manganese accumulated more in the grasslands of the steppe zone than in the forest-steppe zone. The highest values of the biological absorption coefficient (BAC) of manganese were characteristic of white lupine plants, and sulfur – for perennial grasses cultivated on arable land.

Keywords: sulfur, manganese, organic fertilizers, arable land, legumes, biological absorption coefficient

For citation: Zhuikov D.V. 2022. Geoecological Features of the Distribution of Sulfur and Manganese in Agroecosystems of the Belgorod Region. *Regional Geosystems*, 46(4): 585–595 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-585-595

Введение

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства основное внимание акцентируется на факторах, ограничивающих урожайность сельскохозяйственных культур. Недостаток питательных веществ приводит к снижению продуктивности и ухудшению качества продукции. Поэтому современное сельскохозяйственное производство ставит перед собой задачу обеспечения бездефицитного состояния биогенных элементов в агроэкосистемах [Кирюшин и др., 2019].

Физиологическая роль химических веществ, их содержание и состояние в элементах окружающей среды подробно описаны в отечественных и зарубежных исследованиях. Тем не менее мало изученными остаются вопросы круговорота и трансформации биогенных элементов при изменяющемся уровне антропогенной нагрузки, в частности, содержание химических веществ в почве при длительном внесении органических удобрений. Традиционно освещается агрохимическая ситуация в верхних почвенных горизонтах, а изменение химического состава нижних слоев изучается значительно реже. Нередки противоречия в интерпретации результатов исследований, где проведение лабораторных анализов происходит разными методами.

Жизненно необходимые вещества по содержанию в сухом веществе растений распределены на 3 группы: макро- (> 0,1 % в сухой массе), мезо- (0,1–0,01 %) и микроэлементы (< 0,01 %). По существующей в настоящее время классификации серу относят к мезо-, а марганец – к микроэлементам [Шеуджен и др., 2005; Минеев, 2017].

Белгородская область является лидером среди регионов России по производству мяса и птицы. Кормовая база, производимая на полях региона, повлекла перераспределение посевных площадей в сторону увеличения доли зернобобовых культур, богатых растительным белком. Постоянное увеличение доз применения традиционных минеральных удобрений, содержащих азот, фосфор, калий, неэффективно, если не учитывать недостаток иных элементов, участвующих в построении белков, к которым в первую очередь относится сера. Причем при увеличении доз азотного питания требуется больше серы. Некоторые авторы по значимости для жизни растений ставят серу на третье место вместо калия [Слюсарев и др., 2016]. Снижение уровня внесения минеральных удобрений, содержащих серу, и большой ее вынос урожаями сельскохозяйственных культур привели к дефициту этого элемента в почвах многих регионов страны [Аристархов, 2016].

Продуктивность пашни также ограничивается при низком уровне содержания микроэлементов, выполняющих каталитическую роль во многих жизненных процессах растений [Торшин, 1996; Поддубный, 2018; Попов, 2018; Сухова и др., 2019]. Недостаток марганца, как и избыток (по степени токсичности марганец относится к тяжелым металлам третьего класса опасности), приводят к замедлению различных биохимических процессов, в том числе синтеза белка, что в конечном счете снижает урожайность и качество сельскохозяйственной

продукции [Lukin, Zhuikov, 2021a]. На недостаток серы и марганца в черноземах может приходиться от 3 до 19 % снижения урожайности сельскохозяйственных культур [Фатеев и др., 2015; Аристархов, 2016].

Образующиеся в больших количествах отходы животноводства справедливо рассматриваются аграриями как ценное органическое удобрение и вносятся в почву. Как правило, на предприятиях с животноводческой отраслью хозяйственный баланс химических элементов положителен [Масютенко, Масютенко, 2017]. Однако в зависимости от вида органического удобрения содержание серы и марганца в них сильно варьирует. При изучении геоэкологических особенностей распределения серы и марганца в агроэкосистемах необходимо также учитывать почвенно-климатические условия региона.

Доступность элементов для растений сильно различается в зависимости от особенностей климата и почвенного покрова. Знание почвенно-климатических условий позволяет проектировать адаптивно-ландшафтные и экологически сбалансированные системы земледелия, в которых поддержание биогеохимического баланса биогенных элементов является единственным средством поддержания почвенного плодородия и в конечном счете гарантирует устойчивость агроэкосистем [Минеев, 2017]. Улучшение физико-химических свойств почвы создает предпосылки для повышения эффективности сельскохозяйственного производства и устойчивости агроэкосистем [Панасин, 2014; Алмобарак, Межова 2020].

Целью исследования стало изучение содержания и распределения серы и марганца в компонентах агроэкосистем Белгородской области. Для достижения цели были решены следующие задачи:

- определены основные источники поступления элементов в агроэкосистемы;
- выявлены различия в содержании и распределении серы и марганца в почвах разных климатических зон;
- проведено сравнение накопления изучаемых элементов культурными растениями и растительным покровом заповедников.

Объекты и методы исследования

Территория Белгородской области характеризуется умеренно-континентальным климатом, где с запада на юго-восток гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) снижается с 1,2 до 0,8 (рис. 1). Различия в тепло- и влагообеспеченности отражены в исследованиях М.Г. Лебедевой [2016], согласно которым географически территория области располагается в двух агроклиматических районах (рис. 1): втором и третьем. Во втором агроклиматическом районе сумма активных температур (выше +10°C) составляет 2600–2800 °С, в третьем – более 2800 °С. Сумма осадков за период активной вегетации во втором агроклиматическом районе составляет 260–280 мм, в третьем – 230–260 мм.

Другие авторы отмечают, что географическое районирование почв в регионе складывалось в климатических условиях прежних времен (периода голоцена), и в условиях современного климата вместо степной зоны следует выделять подзону южной лесостепи [Ли-сецкий и др., 2005].

Тем не менее смена влажного климата засушливым отражается в закономерностях влияния факторов почвообразования [Азаренко, 2021]. Закладку почвенных разрезов производили на преобладающем в лесостепной зоне черноземе типичном тяжелосуглинистом (Прохоровский район, ГТК 1,1–1,2) и преобладающем в степной зоне черноземе обыкновенном легкоглинистом (Ровеньский район, ГТК < 0,9). Содержание физической глины в пахотном слое чернозема типичного составляет 56,8 %, а чернозема обыкновенного – 72,5 %. Всего было заложено 44 почвенных разреза: по 22 в каждой почвенно-климатической зоне, где определяли валовое содержание серы и марганца в почвенных образцах, отобранных из каждого генетического горизонта.

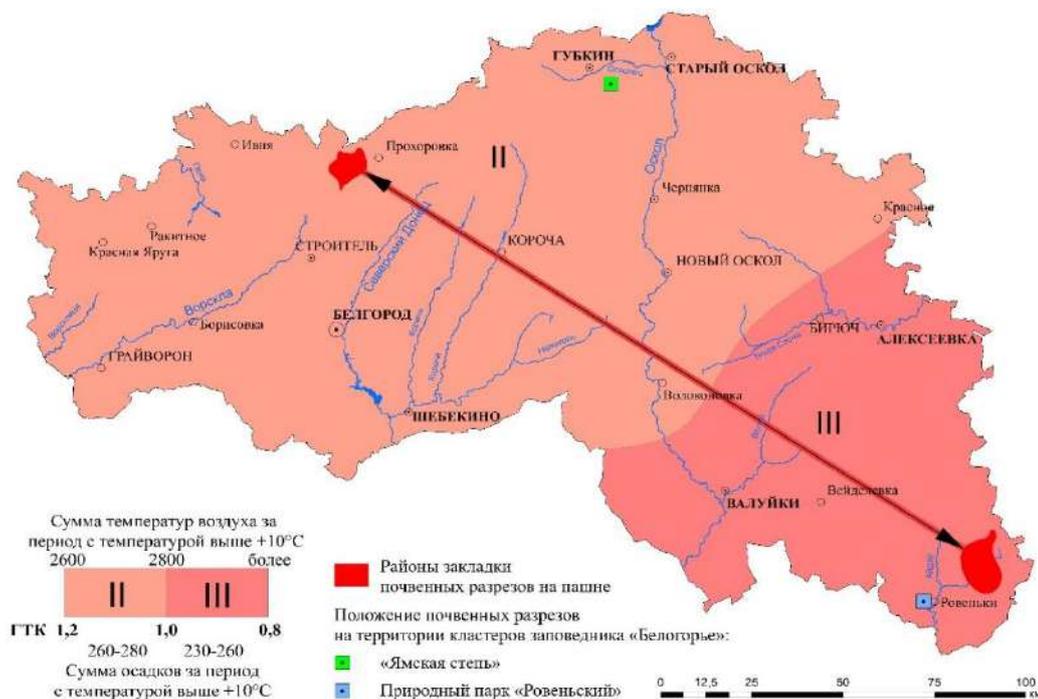


Рис. 1. Агроклиматические районы Белгородской области и расположение объектов исследования [Лебедева и др., 2016]

Fig. 1. Agroclimatic areas of the Belgorod region and the location of research objects [Lebedeva et al., 2016]

Влияние зональных почвенно-климатических факторов обуславливает различия в валовом содержании элементов в почвах. Однако в земледелии большую ценность имеет информация о доступных для растений подвижных формах элементов, концентрация которых значительно меньше, чем их общее содержание. Поэтому в исследовании дополнительно представлены результаты сплошного агрохимического обследования, охватывающего исследование верхнего слоя почв пашни (1,6 млн га) всего региона, и динамика средневзвешенных значений содержания подвижных форм серы и марганца в пахотных почвах при разном уровне внесения органических удобрений.

В рамках фонового агроэкологического мониторинга анализировался химический состав среды, не задействованной в сельскохозяйственном использовании. Отбор образцов почвы и растительного покрова производился с территорий двух участков (кластеров) заповедника «Белогорье», характеризующих почвенно-климатические особенности региона: участка «Ямская степь» (Губкинский район, чернозем типичный, лесостепная зона) и Природного парка «Ровеньский» (Ровеньский район, чернозем обыкновенный, степная зона).

Для анализа растениеводческой продукции культур, возделываемых на реперных объектах (участках пашни, задействованных в сельскохозяйственном использовании), были отобраны 20 образцов растений белого люпина и по 22 образца растений сои, гороха, клевера, эспарцета, люцерны. С заповедных территорий были отобраны по 22 растительного образца фонового травостоя.

Аналитические исследования проводили в аккредитованной лаборатории ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский» по общепринятым агрохимической службой России методикам [ГОСТ Р 26490-85, ГОСТ Р 50685-94, Методические указания..., 1992; Методические указания..., 1999; ПНД Ф 16.1:2.2.37-02]. Статистическая обработка результатов исследования включала интервальную оценку параметров распределения серы и марганца в компонентах агроэкосистем и заповедных экосистем: расчет средневзвешенного значения с доверительным интервалом, размах варьирования и коэффициент вариации. Интенсивность поглощения изучаемых элементов растениями оценивали по КБП – отношению содержания элемента в золе растения к его содержанию в почве [Полынов, 1948; Перельман, 1975].

Результаты и их обсуждение

С глубиной валовое содержание серы уменьшается в обоих подтипах черноземов (табл. 1). При этом в материнской породе (горизонт C_{Ca}) чернозема обыкновенного концентрация элемента возрастает. По-видимому, причиной увеличения концентрации серы является взаимодействие карбонатных глин, на которых образовался чернозем обыкновенный, с грунтовыми сульфатно-натриевыми водами, в результате чего образуется гипс, содержащий серу [Хитров, Чевердин, 2016; Lukin, Zhuykov, 20216].

Таблица 1
Table 1

Валовое содержание серы в почвах пашни, мг/кг
Total sulfur content in arable soils, mg/kg

Генетический горизонт	Средняя мощность горизонта, см	$\bar{x} \pm t_{05S} \bar{x}$	lim	V, %
Чернозем типичный				
$A_{паш}$	0–25	$552 \pm 79,8$	327–936	32,6
A	26–36	$505 \pm 74,9$	315–956	33,5
AB	37–90	$476 \pm 58,7$	296–820	27,8
B_{Ca}	91–111	$446 \pm 60,8$	235–773	30,8
BC_{Ca}	112–134	$423 \pm 66,9$	219–884	35,7
C_{Ca}	> 135	$451 \pm 64,7$	244–742	32,4
Чернозем обыкновенный				
$A_{паш}$	0–25	$612 \pm 39,7$	472–787	14,6
A	26–43	$636 \pm 53,4$	482–980	18,9
AB	44–72	$609 \pm 41,7$	402–838	15,4
B_{Ca}	73–90	$590 \pm 69,5$	346–978	26,6
BC_{Ca}	91–124	$553 \pm 35,2$	425–698	14,4
C_{Ca}	> 125	$643 \pm 77,4$	330–943	27,2

Аналогичная ситуация наблюдается и на почвах естественных ландшафтов, где валовое содержание серы с глубиной снижается. В черноземе типичном снижение валового содержания серы выражено заметнее, а в черноземе обыкновенном значение данного параметра дифференцировано слабо (рис. 2).

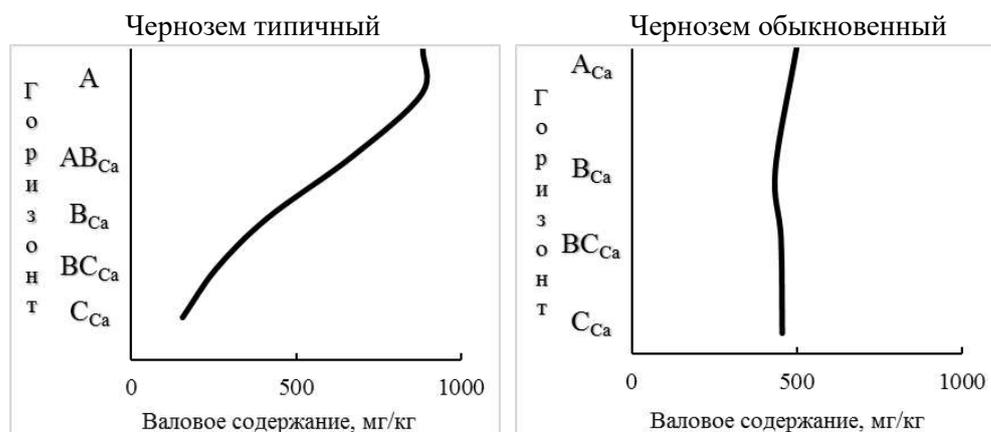


Рис. 2. Валовое содержание серы в почвах заповедных участков
Fig. 2. Total sulfur content in the soils of nature reserves

Наибольшие значения валового содержания марганца отмечены в пахотных горизонтах изучаемых подтипов черноземов, заметно постепенное снижение данного показателя с глубиной (табл. 2).

Таблица 2
 Table 2

Валовое содержание марганца в почвах пашни, мг/кг
 Total manganese content in arable soils, mg/kg

Генетический горизонт	Средняя мощность горизонта, см	$\bar{x} \pm t_{05} s \bar{x}$	lim	V, %
Чернозем типичный				
A _{пах}	0–25	345 ± 14,6	245–396	9,6
A	26–36	329 ± 15,9	254–393	10,9
AB	37–90	308 ± 17,0	241–383	12,4
B _{Ca}	91–111	256 ± 19,4	154–321	17,1
BC _{Ca}	112–134	234 ± 18,8	175–328	18,1
C _{Ca}	> 135	232 ± 21,7	123–317	21,1
Чернозем обыкновенный				
A _{пах}	0–25	397 ± 17,9	311–463	10,2
A	26–43	390 ± 16,9	315–445	9,8
AB	44–72	363 ± 21,8	246–434	13,5
B _{Ca}	73–90	327 ± 19,6	238–420	13,5
BC _{Ca}	91–124	287 ± 16,2	225–387	12,7
C _{Ca}	> 125	279 ± 10,3	233–327	8,3

Целинные почвы содержат марганца на 8–40 % больше, чем пахотные (рис. 3).

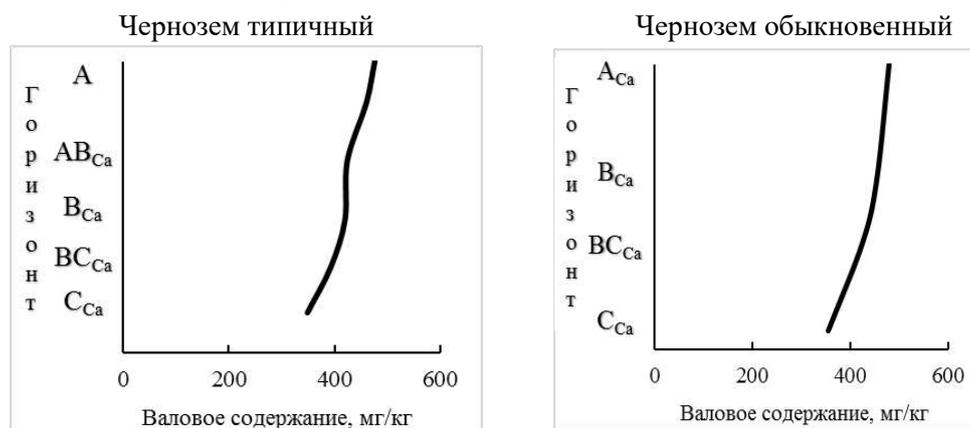


Рис. 3. Валовое содержание марганца в почвах заповедных участков
 Fig. 3. Total manganese content in the soils of nature reserves

Концентрации подвижных форм серы и марганца в пахотных почвах Белгородской области определяются с 1990–1994 гг. (VI тур агрохимического обследования). Именно в этот период, характеризующийся наиболее высоким уровнем химизации, в пашне региона содержалось максимальное количество доступной для растений серы и марганца – 6,8 и 17,5 мг/кг соответственно [Lukin, 2017]. Наименьшие значения показателей средневзвешенного содержания элементов относятся к периоду 2005–2009 гг., когда объемы внесения органических удобрений были на минимуме и составляли в среднем 1,2 т/га. С развитием животноводства объемы внесения органических удобрений возросли и составили 8,1 т/га в период 2015–2018 гг. Это позволило увеличить содержание подвижной серы и марганца в почвах области до 3,3 и 11,7 мг/кг (рис. 4). По существующей градации средневзвешенное содержание подвижных форм серы в почвах области оценивается как низкое, а марганца – среднее. К почвам с низкой обеспеченностью подвижной серой относится 90,3 % обследованной площади пашни, подвижным марганцем – 38,6 %.

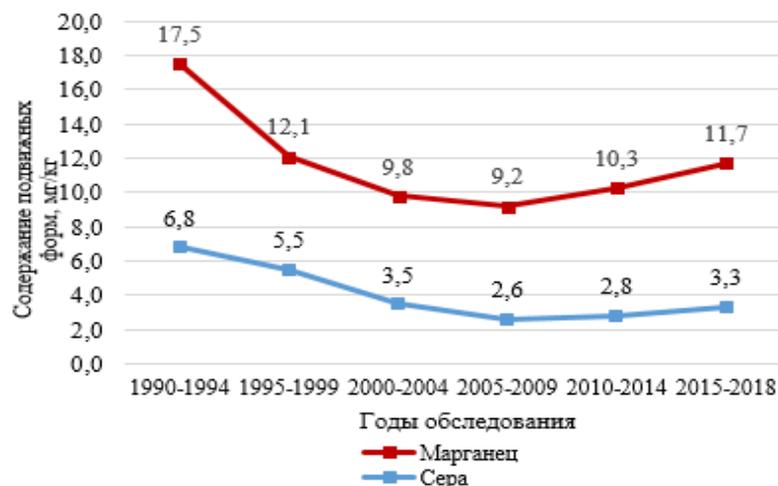


Рис. 4. Изменение средневзвешенного содержания подвижных форм серы и марганца в пахотных почвах Белгородской области

Fig. 4. Change in the weighted average content of mobile forms of sulfur and manganese in arable soils of the Belgorod region

Среди зернобобовых культур наибольшее количество серы было аккумулировано зерном сои, наименьшее – соломой белого люпина. Из числа многолетних трав меньше количество серы содержится в эспарцете. Интенсивность накопления серы разнотравьем степного заповедника (КБП = 113) выше, чем разнотравьем лесостепи (КБП = 43,6) более чем в 2,5 раза (табл. 3). Наибольшее количество марганца было накоплено белым люпином. В зерне этой культуры содержание элемента в 44 раза выше, чем в зерне сои, и в 114 раз больше, чем в зерне гороха.

Таблица 3
Table 3

Содержание серы (%) и марганца (мг/кг) в сухом веществе культурных растений и растительности заповедных участков, КБП
The content of sulfur (%) and manganese (mg/kg) in the dry matter of cultivated plants and vegetation covers of nature reserves, BAS

Сельскохозяйственная культура		Сера			Марганец		
		$\bar{x} \pm t_{05S} \bar{x}$	V, %	КБП	$\bar{x} \pm t_{05S} \bar{x}$	V, %	КБП
Белый люпин	зерно	0,22 ± 0,01	14,1	94,7	1053 ± 50,9	10,3	72,7
	солома	0,07 ± 0,01	26,5	20,0	841 ± 91,2	23,2	39,3
Соя	зерно	0,34 ± 0,02	11,4	117,0	24,1 ± 1,15	10,8	1,34
	солома	0,21 ± 0,01	7,7	66,6	12,4 ± 1,10	20,0	0,64
Горох	зерно	0,14 ± 0,004	6,5	80,5	9,22 ± 0,47	11,6	0,86
	солома	0,16 ± 0,003	4,1	36,6	18,0 ± 1,67	21,0	0,65
Клевер	сено	0,61 ± 0,04	16,4	125,0	31,2 ± 1,69	12,3	1,03
Эспарцет	сено	0,47 ± 0,04	19,1	153,0	30,7 ± 0,97	7,1	1,59
Люцерна	сено	0,60 ± 0,06	23,8	127,0	28,5 ± 1,48	11,8	0,97
Растительный покров лесостепного заповедника	сено	0,30 ± 0,02	18,3	43,6	25,9 ± 1,52	13,2	0,71
Растительный покров степного заповедника	сено	0,40 ± 0,06	31,6	113,0	29,4 ± 2,75	21,1	0,88

Способность люпина накапливать марганец в очень высоких концентрациях, по-видимому, закрепилась в процессе эволюции, так как страны Средиземноморья (ареал происхождения люпина белого) характеризуются высоким содержанием доступных для растений



форм марганца в почвах [Lukin, Zhuikov, 2022]. Стоит также отметить, что накоплению марганца в люпине способствуют особенности корневого питания этого растения. Корни люпина способны подкислять почвенный раствор, переводя марганец в доступные для растений формы [Holland et al., 2019; Bouray et al., 2021]. В растениях сои марганец большей частью накапливался в зерне, а в растениях гороха – в соломе. Накопление марганца многолетними травами на пашне и растительностью степного заповедника было на одном уровне, а естественным разнотравьем лесостепи фиксация элемента выражена несколько слабее.

Содержание питательных веществ в органических удобрениях из ферм на территории Белгородской области сильно различается (табл. 4). Наибольшее количество марганца в пересчете на сухое вещество содержится в соломопометном компосте (284 мг/кг), а серы – в навозных стоках отрасли свиноводства (10,8 г/кг).

Таблица 4
Table 4

Содержание серы и марганца в органических удобрениях, мг/кг
The content of sulfur and manganese in organic fertilizers, (mg/kg)

Статистический показатель	Серa		Марганец	
	на исходную влажность	на сухое вещество	на исходную влажность	на сухое вещество
Компост соломопометный (66 % сухого вещества)				
n	34		25	
$\bar{x} \pm t_{05S} \bar{x}$	3535 ± 440	6313 ± 786	159 ± 21,0	284 ± 38
lim	1479–7071	2641–12627	66–257	118–459
V, %	35,7		32,6	
Навоз КРС (25 % сухого вещества)				
n	24		32	
$\bar{x} \pm t_{05S} \bar{x}$	853 ± 141	3412 ± 564	48,0 ± 5,32	192 ± 21,3
lim	382–1622	1528–6488	17,4–88,4	69,6–354
V, %	38,8		30,8	
Стоки навозные (2,22 % сухого вещества)				
n	74		26	
$\bar{x} \pm t_{05S} \bar{x}$	240 ± 18,7	10811 ± 842	3,97 ± 0,59	179 ± 27
lim	115–565	5180–25450	1,13–7,08	50,9–319
V, %	37,9		36,7	

Однако с учетом различной влажности органических удобрений и внесении их средними дозами: соломопометного компоста 15 т/га, навоза КРС 40 т/га и навозных стоков 70 т/га в почву оценка поступления серы составит 53, 34 и 16,8 кг/га соответственно, а марганца – 2,39, 1,92 и 0,28 кг/га соответственно.

Заключение

Разница почвенно-климатических условий проявилась в неравном распределении серы и марганца по территории Белгородской области. Уменьшение количества осадков и утяжеление гранулометрического состава с запада на юго-восток территории выразилось в том, что в почвах степной зоны валовое содержание элементов выше, чем в лесостепной. Наибольшее валовое содержание марганца фиксировали в верхних гумусово-аккумулятивных горизонтах почв, что свидетельствует о биогенном накоплении элемента. Распределение серы по профилю изучаемых почв имеет свои особенности. На пашне и целине в лесостепной зоне (чернозем типичный) валовое содержание серы с глубиной снижается, а в степи (чернозем обыкновенный) заметно увеличение содержания элемента в нижних горизонтах ввиду первичного засоления нижнего почвенного горизонта.

Содержание доступных для растений форм серы и марганца в почвах значительно меньше, чем их общее количество. Как показало исследование, недостаток подвижной серы ощущается практически на всей площади пашни региона, а марганца – на трети обследованных почв. Постоянные мониторинговые исследования химических элементов, находящихся в минимуме, позволяют отслеживать их содержание в компонентах агроэкосистем, предвидеть наступление негативных последствий ввиду их дефицита. Оптимизация питания растений, в том числе серой и марганцем, должна производиться с учетом региональных почвенно-климатических особенностей, а также при изменяющемся уровне антропогенной нагрузки.

Список источников

- ГОСТ Р 26490-85. 1985. Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО. М., Издательство стандартов, 48 с.
- ГОСТ Р 50685-94. 1994. Почвы. Определение подвижных соединений марганца по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО. М., Госстандарт России, 12 с.
- Лисецкий Ф.Н., Пересадько В.А., Лукин С.В., Петин А.Н. 2005. Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области: атлас. Белгород, Белгородский государственный университет, 180 с.
- Методические указания по определению тяжелых металлов в кормах и растениях и их подвижных соединений в почвах. 1992. М., ЦИНАО, 40 с.
- Методические указания по определению серы в растениях и кормах растительного происхождения. 1999. М., ЦИНАО, 8 с.
- Минеев В.Г. 2017. Агрохимия: учебное пособие. М., ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 854 с.
- ПНД Ф 16.1:2.2.37-02. 2002. Методика выполнения измерений валового содержания серы в почвах, донных отложениях, грунтах турбидиметрическим методом. М., Центр экологического контроля и анализа, 16 с.

Список литературы

- Азаренко Ю.А. 2021. Оценка фонда подвижных форм микроэлементов в пахотных почвах лесостепи и степи Омского Прииртышья. В кн.: Экологические чтения – 2021. Материалы XII национальной научно-практической конференции с международным участием. Омск, 04–05 июня 2021. Омск, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина: 13–18.
- Алмобарак Ф., Межова Л.А. 2020. Результаты мониторинга природно-антропогенной трансформации агроэкосистем Воронежской области за период сельскохозяйственного природопользования. Самарский научный вестник, 9(1(30)): 14–18. DOI: 10.24411/2309-4370-2020-11101
- Аристархов А.Н. 2016. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность ее применения. Международный сельскохозяйственный журнал, 5: 39–47.
- Кирюшин В.И., Лукин С.В., Соловиченко В.Д., Мельников В.И. 2019. Белгородская модель адаптивно-ландшафтного земледелия. Белгород, Константа, 272 с.
- Лебедева М.Г., Крымская О.В., Чендев Ю.Г. 2016. Агроклиматические ресурсы Белгородской области в начале XXI века. Достижения науки и техники АПК, 30(10): 71–76.
- Масютенко М.Н., Масютенко Н.П. 2017. Нормирование агрогенной нагрузки в агроландшафте на черноземных почвах. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 4: 3–8.
- Панасин В.И. 2014. Мониторинг микроэлементного состояния агроэкосистем. Агрохимический вестник, 4: 18–21.
- Перельман А.И. 1975. Геохимия ландшафта. М., Высшая школа, 342 с.
- Поддубный А.С. 2018. Динамика агрохимического состояния пахотных почв в лесостепи Белгородской области. Достижения науки и техники АПК, 32(6): 15–17. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10603
- Полынов Б.Б. 1948. К вопросу о роли элементов биосферы в эволюции организмов. Почвоведение, 10: 594–607.
- Попов В.В. 2018. Состояние плодородия пахотных земель в юго-восточных районах Ростовской области. Достижения науки и техники АПК, 32(3): 7–11. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10302



- Слюсарев В.Н., Швец Т.В., Попова Ю.С. 2016. Формы органической серы в бурых лесных почвах низких и средних гор Северо-Западного Кавказа. Труды Кубанского государственного аграрного университета, 62: 105–111. DOI: 10.21515/1999-1703-62-105-111
- Сухова О.А., Болдырев В.В., Акулов А.В. 2019. Мониторинг содержания микроэлементов в почвах Волгоградской области. Достижения науки и техники АПК, 33(4): 20–21. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10405
- Торшин С.П., Ягодин Б.А., Удельнова Т.М., Кокурин Н.Л., Забродина И.Ю. 1996. Микроэлементы в растениях Центрально-черноземного региона России. Агрехимия, 1: 20–30.
- Фатеев А.И., Чабан В.И., Подобед О.Ю. 2015. Содержание микроэлементов в черноземах степной зоны Украины и их изменения при длительном применении в севообороте. Почвоведение и агрохимия, 1(54): 207–215.
- Хитров Н.Б., Чевердин Ю.И. 2016. Почвы Каменной Степи от времени В.В. Докучаева до наших дней. Живые и биокосные системы, 16: 2.
- Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Прокопенко В.В. 2005. Удобрения, почвенные грунты и регуляторы роста растений. Майкоп, ГУРИПП «Адыгея», 404 с.
- Bouray M., Moir J.L., Lehto N.J., Condron L.M., Touhami D., Hummel C. 2021. Soil pH Effects on Phosphorus Mobilization in the Rhizosphere of *Lupinus Angustifolius*. *Plant Soil*, 469: 387–407.
- Holland J.E., White P.J., Glendining M.J., Goulding K.W.T., McGrath S.P. 2019. Yield Responses of Arable Crops to Liming – An Evaluation of Relationships Between Yields and Soil pH from a Long-Term Liming Experiment. *European Journal of Agronomy*, 105: 176–188. DOI: 10.1016/j.eja.2019.02.016
- Lukin S.V. 2017. Dynamics of the Agrochemical Fertility Parameters of Arable Soils in the Southwestern Region of Central Chernozemic Zone of Russia. *Eurasian Soil Science*, 50(11): 1323–1331. DOI: 10.1134/S1064229317110096
- Lukin S.V., Zhuikov D.V. 2021a. Monitoring of the Contents of Manganese, Zinc, and Copper in Soils and Plants of the Central Chernozemic Region of Russia. *Eurasian Soil Science*, 54(1): 63–71. DOI: 10.1134/S1064229321010099
- Lukin S.V., Zhuykov D.V. 2021b. Ecological Assessment of Sulfur Content in Agroecosystems of the Central Black Earth Region of Russia. In: *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE 2021)*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 20–21 June 2021, Ussurijsk, 937(3): 022043. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022043
- Lukin S.V., Zhuikov D.V. 2022. Content and Balance of Trace Elements (Co, Mn, Zn) in Agroecosystems of the Central Chernozemic Region of Russia. *Agriculture*, 12(2): 154. DOI: 10.3390/agriculture12020154

References

- Azarenko J.A. 2021. Evaluation of the Fund of Mobile Forms of Microelements in Arable Soils of the Forest-Steppe and Steppe of the Omsk Irtysk Region. In: *Environmental Readings-2021. Materials of the XII National Scientific and Practical Conference with International Participation*. Omsk, 04–05 June 2021. Omsk, Publ. Omskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. P.A. Stolypina: 3–18 (in Russian).
- Almobarak F., Mezhova L.A. 2020. Results of Monitoring of Natural and Anthropogenic Agro Ecosystems Transformation in the Voronezh Region for the Period of Agricultural Environmental Management. *Samara Journal of Science*, 9(1(30)): 14–18 (in Russian). DOI: 10.24411/2309-4370-2020-11101
- Aristarhov A.N. 2016. Sera v agroekosistemakh Rossii: monitoring sodержaniya v pochvakh i effektivnost eye primeneniya [Sulfur in Agroecosystems of Russia: Monitoring of the Content in Soils and the Effectiveness of Its Application]. *Mezhdunarodnyy selskokhozyaystvennyy zhurnal*, 5: 39–47.
- Kirjushin V.I., Lukin S.V., Solovichenko V.D., Mel'nikov V.I. 2019. Belgorodskaya model adaptivno-landshaftnogo zemledeliya [Belgorod Model of Adaptive Landscape Farming]. Belgorod, Publ. Konstanta. 272 p.
- Lebedeva M.G., Krymskaya O.V., Chendev Yu.G. 2016. Agroclimatic Resources of Belgorod Region at the Beginning of the 21st Century. *Achievements of Science and Technology of AIC*, 30(10): 71–76 (in Russian).
- Masyutenko M.N., Masyutenko N.P. 2017. Normalization of Agrogenic Loads in Agricultural Landscapes on Chernozem Soils. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skhozjajstvennoj akademii*, 4: 3–8 (in Russian).
- Panasin V.I. 2014. Monitoring of Microelemental Condition of Agroecosystems. *Agrochemical Herald*, 4: 18–21 (in Russian).

- Perel'man A.I. 1975. Geohimija landshafta [Geochemistry of the landscape]. Moscow, Publ. Vysshaja shkola, 342 p.
- Poddubnyi A.S. 2018. Dynamics of an Agrochemical State of Arable Lands in the Forest-Steppe of Belgorod Region. Achievements of Science and Technology of AIC, 32(6): 15–17 (in Russian).
- Polynov B.B. 1948. K voprosu o roli elementov biosfery v evolyutsii organizmov [On the Role of the Elements of the Biosphere in the Evolution of Organisms]. Pochvovedeniye, 10: 594–607.
- Popov V.V. 2018. State of Fertility of Arable Land in the Southeastern Districts of Rostov Region. Achievements of Science and Technology of AIC, 32(3): 7–11 (in Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10302
- Slyusarev V.N., Shvets T.V., Popova Yu.S. 2016. Forms of Organic Sulfur in Brown Forest Soils of Low and Medium Mountains of the Northwest Caucasus. Works of the Kuban state agrarian university, 62: 105–111 (in Russian). DOI: 10.21515/1999-1703-62-105-111
- Sukhova O.A., Boldyrev V.V., Akulov A.V. 2019. Monitoring of Trace Elements in the Soils of the Volgograd Region. Achievements of Science and Technology of AIC, 33(4): 20–21 (in Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10405
- Torshin S.P., Yagodin B.A., Udelnova T.M., Kokurin N.L., Zabrodina I.Yu. 1996. Mikroelementy v rasteniyakh Tsentralno-chernozemnogo regiona Rossii [Trace elements in plants of the Central Chernozem region of Russia]. Agrokimiya, 1: 20–30 (in Russian).
- Fateev A.I., Chaban V.I., Podobed O.Yu. 2015. The Content of Microelements in Chernozem of a Steppe Zone of Ukraine and Their Change at the Prolonged Use of Fertilizers in a Crop Rotation. Soil Science and Agrochemistry, 1(54): 207–215 (in Russian).
- Khitrov N.B., Cheverdin Yu.I. 2016. Soils of Kamennaya Steppe from the Days of V.V. Dokuchaev till Nowadays. Zhivye i biokosnye sistemy, 16: 2 (in Russian).
- Sheudzhen A.H., Onishhenko L.M., Prokopenko V.V. 2005. Udobreniya, pochvennye grunty i regulatory rosta rastenij [Soil soils and plant growth regulators]. Maykop, Publ. GURIPP «Adygeja», 404 p.
- Bouray M., Moir J.L., Lehto N.J., Condron L.M., Touhami D., Hummel C. 2021. Soil pH Effects on Phosphorus Mobilization in the Rhizosphere of Lupinus Angustifolius. Plant Soil, 469: 387–407.
- Holland J.E., White P.J., Glendinning M.J., Goulding K.W.T., McGrath S.P. 2019. Yield Responses of Arable Crops to Liming – An Evaluation of Relationships Between Yields and Soil pH from a Long-Term Liming Experiment. European Journal of Agronomy, 105: 176–188. DOI: 10.1016/j.eja.2019.02.016
- Lukin S.V. 2017. Dynamics of the Agrochemical Fertility Parameters of Arable Soils in the Southwestern Region of Central Chernozemic Zone of Russia. Eurasian Soil Science, 50(11): 1323–1331. DOI: 10.1134/S1064229317110096
- Lukin S.V., Zhuikov D.V. 2021a. Monitoring of the Contents of Manganese, Zinc, and Copper in Soils and Plants of the Central Chernozemic Region of Russia. Eurasian Soil Science, 54(1): 63–71. DOI: 10.1134/S1064229321010099
- Lukin S.V., Zhuikov D.V. 2021b. Ecological Assessment of Sulfur Content in Agroecosystems of the Central Black Earth Region of Russia. In: Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE 2021). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 20–21 June 2021, Ussurijsk, 937(3): 022043. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022043
- Lukin S.V., Zhuikov D.V. 2022. Content and Balance of Trace Elements (Co, Mn, Zn) in Agroecosystems of the Central Chernozemic Region of Russia. Agriculture, 12(2): 154. DOI: 10.3390/agriculture12020154

*Поступила в редакцию 17.08.2022;
поступила после рецензирования 9.09.2022;
принята к публикации 27.09.2022*

*Received August 17, 2022;
Revised September 09, 2022;
Accepted September 27, 2022*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Жуйков Денис Валерьевич, заведующий лабораторией проектирования агроландшафтов ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский», Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Denis V. Zhuikov, head of the laboratory of agricultural landscape design, Agrochemical Service Center «Belgorodsky», Belgorod, Russia



УДК 504.054:504.064.2: 504.064.36
DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-596-614

Геоэкологический мониторинг накопленного экологического вреда при обращении с отходами животноводства в Воронежской области

¹Ашихмина Т.В., ²Каверина Н.В.

¹ Воронежский государственный технический университет,
Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

² Воронежский государственный университет,
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1
E-mail: tv_ashikhmina@bk.ru

Аннотация. В настоящее время важнейшим направлением экологической политики России является ликвидация накопленного вреда окружающей среде (НВОС) от хозяйственной деятельности, в том числе от объектов размещения отходов. Принимая во внимание масштабы развития животноводства в Воронежской области, являющегося источником образования большого количества навоза и помета, актуальна цель данного исследования – анализ геоэкологических условий региона как факторов, влияющих на формирование накопленного вреда окружающей среде от объектов размещения навоза. Проблема в таком ракурсе рассматривается впервые. Авторами проведен общий анализ геоэкологических условий Воронежской области, структуры и пространственного распределения источников образования навоза на ее территории, обозначены основные аспекты экологической опасности навозохранилищ на основе фактологического материала, идентифицированы факторы формирования накопленного вреда окружающей среде от объектов размещения отходов животноводства. Для изучения проблемы были проведены сопоставление и анализ пространственного распределения источников образования навоза и геоэкологических условий на территории Воронежской области, на основе чего были составлены и проанализированы соответствующие схематические экологические карты. В результате исследования были сформулированы рекомендации по устройству навозохранилищ и системы экологического мониторинга в районе расположения таких объектов с учетом приоритетных факторов геоэкологической опасности. Представленная работа подчеркивает необходимость учета природной составляющей в исследовании и последующем решении проблемы НВОС в конкретных геоэкологических условиях.

Ключевые слова: отходы животноводства, навозохранилища, накопленный вред окружающей среде, анализ геоэкологических условий Воронежской области, мониторинг факторов накопленного вреда окружающей среде

Для цитирования: Ашихмина Т.В., Каверина Н.В. 2022. Геоэкологический мониторинг накопленного экологического вреда при обращении с отходами животноводства в Воронежской области. Региональные геосистемы, 46(4): 596–614. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-596-614

Geoecological Monitoring of Accumulated Environmental Damage in the Handling of Livestock Waste in the Voronezh Region

¹Tatyana V. Ashikhmina, ²Nataliy V. Kaverina

¹Voronezh State Technical University
84 20 let Oktyabrya St, Voronezh 394006, Russia

²Voronezh State University
1 Universitetskaya Pl, Voronezh 394018, Russia,
E-mail: tv_ashikhmina@bk.ru

Abstract. Intensive development of cattle breeding is accompanied by the formation of a significant amount of large-tonnage waste: manure and litter. Insufficient elaboration of normative-legal, organizational-technical, scientific-ecological, educational-educational aspects of operation of systems of storage

and use of livestock waste, imperfect systems of accounting and ecological control of manure disposal objects leads to pollution of natural components and formation of accumulated environmental damage (AED). At present there is insufficient study of the natural component of this process, in this connection the purpose of this study is to analyze the geo-ecological conditions of the Voronezh region as factors influencing the formation of the accumulated environmental damage from manure disposal facilities. The authors have identified and prioritized the factors of formation of EHS on the basis of the analysis of geo-ecological conditions in which the objects of livestock waste disposal (manure storages) are located. The study was conducted by comparing geo-ecological thematic maps, compilation and analysis of schematic ecological maps, taking into account the location of the identified sources of livestock waste generation. The spatial localization of factors of priority importance in the formation of EIA was shown. The carried out researches allowed to make recommendations on ecologically safe arrangement of manure storages and priority directions of geo-ecological monitoring in a zone of influence of such objects in various geo-ecological conditions of the Voronezh region.

Keywords: animal wastes, manure storages, accumulated environmental damage, analysis of geo-ecological conditions of Voronezh region, monitoring of accumulated environmental damage factors

For citation: Ashikhmina T.V., Kaverina N.V. 2022. Geocological Monitoring of Accumulated Environmental Damage in the Handling of Livestock Waste in the Voronezh Region. *Regional Geosystems*, 46(4): 596–614 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-596-614

Введение

Структура хозяйства Воронежской области имеет индустриально-аграрное направление, характеризующееся сочетанием промышленности (в основном перерабатывающей) с активно развивающимся аграрным сектором [Гапонова и др., 2018].

Животноводческая отрасль в регионе представлена разведением крупного рогатого скота (КРС) молочных и мясных пород; мелкого рогатого скота (МРС), преимущественно овец; свиноводством и птицеводством и является источником образования крупнотоннажных отходов: навоза и помета, неорганизованное накопление и хранение которых вызывает масштабное загрязнение объектов окружающей природной среды, формируя, таким образом, накопленный экологический вред.

Огромное значение в динамике и масштабах процесса формирования накопленного экологического вреда от объектов размещения навоза имеют природно-климатические и геоэкологические условия.

Целью данного исследования является риск-ориентированный анализ геоэкологических условий Воронежской области как факторов, влияющих на формирование накопленного вреда окружающей среде от объектов размещения навоза, и разработка системы геоэкологического мониторинга в районе расположения таких объектов.

Основные задачи работы:

- провести общий анализ геоэкологических условий Воронежской области, структуры и пространственного распределения источников образования навоза на территории Воронежской области;
- обозначить основные аспекты экологической опасности навозохранилищ на основе фактологического материала;
- идентифицировать факторы формирования накопленного вреда окружающей среде от объектов размещения отходов животноводства;
- сопоставить и проанализировать пространственное распределение источников образования навоза и геоэкологические условия на территории Воронежской области;
- составить рекомендации по устройству навозохранилищ и системы экологического мониторинга в районе расположения таких объектов с учетом приоритетных факторов геоэкологической опасности.



Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются геоэкологические условия Воронежской области, оказывающие непосредственное влияние на формирование накопленного вреда окружающей среде от объектов размещения отходов животноводства. Методы исследования:

- картографирование источников антропогенного воздействия (животноводческих предприятий);
- картографический метод анализа экологической обстановки;
- сравнительный анализ геоэкологических тематических карт;
- нанесение экологической информации на картографическую основу с помощью стандартных программных продуктов;
- анализ схематических экологических карт, разработанных с учетом расположения выявленных источников образования отходов животноводства;
- метод качественной оценки рисков на основе ранжирования факторов.

Воронежская область имеет площадь 52,4 км² и располагается на Восточно-Европейской равнине Европейской части РФ в лесостепной и степной природных зонах.

Область имеет достаточно сложный рельеф, характеризующийся сочетанием возвышенностей и низменностей, сформированных различными по своим свойствам породами. На Среднерусской и Калачской возвышенностях рельефообразующими породами являются трещиноватые карбонатные породы и отмечается значительное долинно-балочное расчленение территории, высокая водопроницаемость пород, развитие водно-эрозионных и карстовых процессов. Среди рельефообразующих пород Окско-Донской низменности преобладают водоупорные суглинки и глины, рельеф территории отличается равнинным характером [Ашихмина, 2014].

Климатический режим Воронежской области характеризуется как умеренно-континентальный [Лаптиева и др., 2021], годовое количество осадков составляет 550–450 мм. Средняя температура января колеблется от –9 до –10 °С, июля – от +20 до +21 °С. Среднегодовая температура изменяется от +4,6–5,6 °С на севере области до +6,5–7,0 °С на юге.

Гидрографическая сеть Воронежской области достаточно густая: от 0,07 до 0,32 км/км², приурочена к бассейну реки Дон и включает 1197 водотоков, общей протяженностью 9705 км. Речная сеть области является ключевым фактором в водообеспечении отраслей промышленного и сельскохозяйственного производства области. Пространственное распределение годовых осадков и стока позволяет отметить, что северо-западные районы Воронежской области лучше обеспечены природной водой, чем юго-восточные [Акимов и др., 2014].

На территории Воронежской области грунтовые воды, в основном, залегают от поверхности на глубине 5–20 м. В некоторых местах, чаще всего это наблюдается на Окско-Донской низменности, водоносный горизонт располагается близко к поверхности (1,5–2 м), из-за чего в замкнутых понижениях происходит переувлажнение земель и заболачивание.

Подземные воды шести основных водоносных горизонтов – неоген-четвертичный, верхнемеловой, сеноман-альбский, каменноугольный, верхнедевонский и средне-верхнедевонский – являются источником питьевого водоснабжения на всей территории Воронежской области [Смольянинов, Яценко, 2015].

Одним из наиболее значимых природных богатств области являются ее плодородные почвы, представленные оподзоленными, выщелоченными, типичными, обыкновенными и южными черноземами с содержанием гумуса от 4,5 до 6 %, а также серыми лесными, лугово-черноземными почвами [Ахтырцев и др., 1985].

Следует отметить, что почвы Воронежской области обладают высоким уровнем плодородия, с наиболее высокими показателями баллов бонитета (78,3) в северной части территории (лесостепной зоне), в степной зоне этот показатель несколько снижается до 61,6, в среднем по области он составляет 70,0 [Бухтояров и др., 2020]. Неправильное хранение и

использование навоза на сельхозугодьях приводит к ухудшению качества почв, т.е. к снижению их плодородия. Источниками образования основной части отходов животноводства являются сельскохозяйственные предприятия, состав поголовья которых показан в табл. 1 [Территориальная схема ..., 2022].

Таблица 1
Table 1Состав поголовья сельскохозяйственных животных в Воронежской области
Composition of livestock in the Voronezh region

Вид с/х животных	Поголовье, тыс. голов	Доля поголовья, приходящаяся на с/х предприятия, %
свиньи	1511,9	97
КРС	357,8	65
птица	11909,1	63

Перечень источников образования навоза составлен согласно данным федерального государственного статистического наблюдения в области образования и обращения с отходами на территории Воронежской области (табл. 2).

Таблица 2
Table 2Общая характеристика источников образования навоза на территории Воронежской области
General characteristics of the sources of manure generation in Voronezh region

Вид навоза	Количество источников	Крупнейшие источники
навоз КРС	Более 60 источников с годовым объемом образования свыше 1 тыс. т/год	ОАО «Маяк» (Лискинский муниципальный район), ООО «СХП «Новомарковское» (Кантемировский муниципальный район), ООО «МФ «Березовка» (Бобровский муниципальный район)
навоз МРС	3 источника образуют свыше 50 т/год отходов	ООО «Бутырки» (Репьевский муниципальный район), ООО «ЖИТО» (Семилукский муниципальный район)
навоз свиной	9 источников с годовым объемом образования более 100 т	ООО «Селекционно-гибридный центр» (ООО «СГЦ»), ООО спецхоз «Вишневатский», ООО «Альфа» (Верхнехавский муниципальный район)
помет куриный, птичий	7 источников образования	АО «Куриное царство» филиал «Лиско Бройлер» (Лискинский муниципальный район), ООО «Птицепром Бобровский» (Бобровский муниципальный район), ООО «Ряба» (Хохольский муниципальный район), ООО Сельскохозяйственное предприятие «Племенное птицеводческое хозяйство «Заброденское» (Калачеевский муниципальный район)

В целом по области образование отходов животноводства составляет порядка 38 % от всего объема образования отходов. При этом объем накопленных отходов животноводства составляет 33,6 % от общего количества накопленных отходов производства и потребления.

Информация о годовых объемах образования крупнотоннажных отходов животноводства в Воронежской области показана в табл. 3.

Таблица 3
 Table 3

Образование крупнотоннажных отходов животноводства в Воронежской области в 2020 году
 Formation of large-tonnage animal waste in the Voronezh region in 2020

Наименование вида отхода по ФККО	Код по ФККО	Класс опасности отхода	Образовано по данным официальной статистики, тыс. т
навоз КРС свежий	1 12 110 01 33 4	IV	867,792
навоз КРС перепревший	1 12 110 02 29 5	V	481,476
навоз свиней свежий	1 12 510 01 33 3	III	1106,7
навоз свиней перепревший	1 12 510 02 29 4	IV	27,0
помет куриный свежий	1 12 711 01 33 3	III	114,74
помет куриный перепревший	1 12 711 02 29 4	IV	10,727
Всего			13324,7

Таким образом, годовое количество навоза, которое образуется в Воронежской области, составляет более 13 млн т или примерно 5 % от общего количества отходов животноводства и птицеводства в России [Дашковский, 2018].

Результаты и их обсуждение

Обращение с навозом в хозяйствах обычно происходит по одному из вариантов схемы (рис. 1) [Ашихмина, Каверина, 2022]. Формирование накопленного вреда окружающей среде (НВОС) от объектов размещения навоза обусловлено количеством и составом навоза, процессами трансформации компонентов навоза, эмиссионными процессами на этапе размещения навоза на специальных объектах – навозохранилищах.

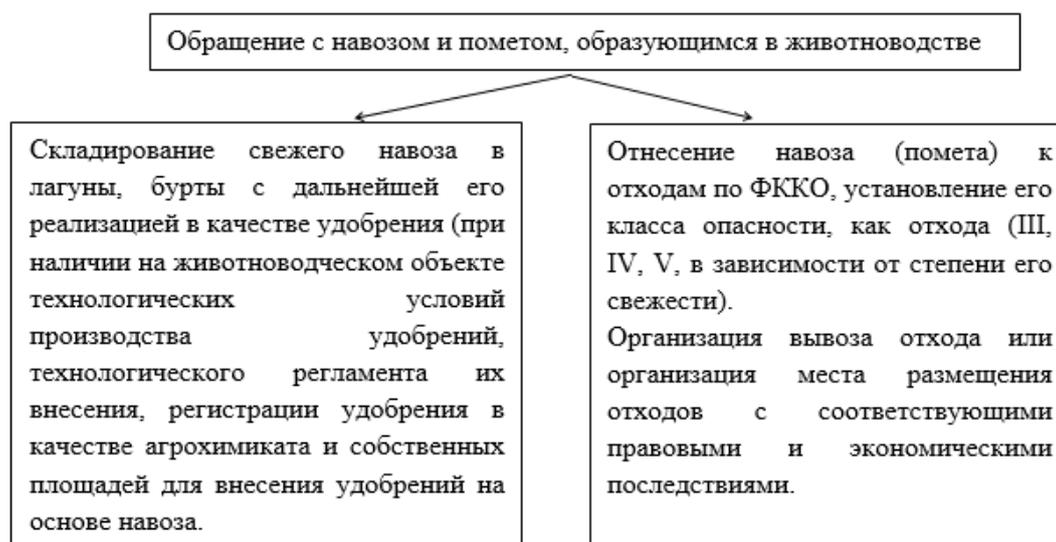


Рис. 1. Варианты обращения с навозом и пометом
 Fig. 1. Manure and manure management options

В общем смысле под навозохранилищем понимается сооружение для сбора, обеззараживания и хранения навоза, удаленного из животноводческих помещений [СП 374.1 325 800.2018].

Согласно СП 289.1 325 800.201710 [2017] хранилища навоза и помета могут быть заглубленными, полузаглубленными и наземными. Конструкция хранилищ зависит от консистенции, поступающих в них навоза и помета, и гидрогеологических условий строительства.

Нарушение условий накопления и хранения навоза и помета (недостаточная вместимость и неправильное устройство навозохранилищ), а также отсутствие у животноводческих предприятий сельскохозяйственных угодий приводят к тому, что во многих хозяйствах объемы образующегося навоза значительно превышают возможности по его безопасному хранению и утилизации. В результате навоз размещается на неподготовленных площадках, где он размывается дождями. Жидкая субстанция попадает в подземные воды, тем самым загрязняя и почву, и водные объекты (рис. 2–4).



Рис. 2. Складирование навоза на землях сельскохозяйственного назначения в Эртильском районе Воронежской области [Управление Россельхознадзора ..., 2022]
Fig. 2. Stockpiling of manure on agricultural land in Ertilsky district of Voronezh region [Department of Rosselkhoz nadzor ..., 2022]



Рис. 3. Размещение навоза предприятия ООО «ЭкоНиваАгро» на необорудованной площадке в Воронежской области [Новостной портал ..., 2022]
Fig. 3. Disposal of manure by EkoNivaAgro LLC at an unequipped site in Voronezh Region [News Portal ..., 2022]



Рис. 4. Складирование навоза на свиноферме х. Ясеново Каменского района Воронежской области
Fig. 4. Stockpiling of manure at the pig farm in the village of Yasenovo, Kamensky District, Voronezh Region.

Риск возникновения накопленного вреда окружающей среде, связанного с хранением и применением навоза, обусловлен различными факторами, показанными на рис. 5.

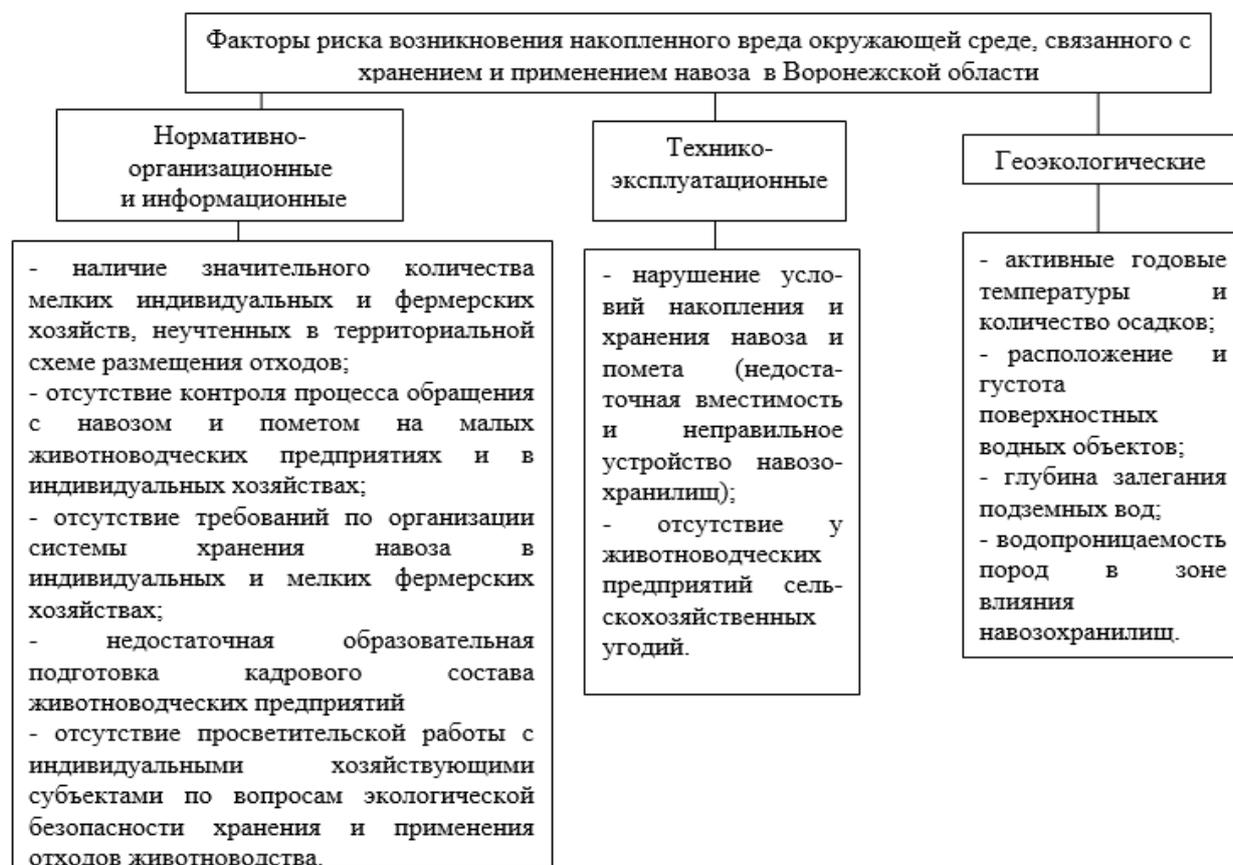


Рис. 5. Факторы риска возникновения накопленного вреда окружающей среде, связанного с хранением и применением навоза на территории Воронежской области
Fig. 5. Risk factors for the occurrence of accumulated environmental damage associated with the storage and use of manure in the territory of the Voronezh region

Несовершенство систем учета и экологического контроля объектов размещения навоза на сельскохозяйственных территориях приводит к возникновению ситуаций, когда навоз или навозные стоки попадают за пределы навозохранилищ, причиняя массу неудобств жителям прилегающих населенных пунктов и вызывая химическое и биологическое загрязнение окружающей среды. Такие ситуации фиксируются на территории Воронежской области.

Например, 28 апреля 2021 г. Центрально-Черноземным межрегиональным управлением Федеральной службы по надзору в сфере природопользования была проведена внеплановая выездная проверка в с. Скупая Потудань, организованная по обращению гражданина о складировании навоза, а также стоке нечистот. В результате установлен факт складирования навоза КРС с/х предприятия на необорудованной площадке без твердого водонепроницаемого покрытия обваловки. Появление атмосферных осадков (дождя) спровоцировало сток отходов от места складирования по рельефу местности через пропускной ливневой коллектор под дорогой в обустроенную канаву, средняя ширина которой составила 25 м, длина 600 м. Стоки имели коричневый цвет и характерный для отхода навоза КРС запах [КОМПЛАН Реестр проверок ..., 2022] (рис. 6).



Рис. 6. Последствия складирования навоза КРС ООО СП «ПОТУДАНЬ» на необорудованной площадке
Fig. 6. Consequences of cattle manure storage by JV "Potudan" LLC at an unequipped site

По результатам анализа контрольно-надзорных мероприятий в области обращения с отходами производства на животноводческих предприятиях, выполненных Центрально-Черноземным межрегиональным управлением с января 2018 по сентябрь 2022 г., получены следующие данные (табл. 4).

Таблица 4
Table 4

Нарушения в области обращения с отходами животноводства в % от общего количества
Violations in the field of animal waste management in % of the total

Специализация	Размеры животноводческих комплексов (ферм, артелей) по поголовью, тыс. гол.		
	мелкие	средние	крупные
Производство молока	37,5	12,5	—
Производство говядины при откорме	12,5	12,5	—
Свиноводческие предприятия с законченным циклом производства	—	—	12,5
Птицефабрики – куры-несушки	12,5	12,5	—
Итого	62,5	25,0	12,5

Таким образом, нарушения природоохранного законодательства в области обращения с отходами отмечаются гораздо чаще на мелких сельскохозяйственных производствах. Однако приведенные данные нельзя считать исчерпывающими, т.к. в ряде случаев не удалось установить виновных в причинении вреда окружающей среде.

Накопленный вред окружающей среде, образующийся на объектах размещения навоза и прилегающих к ним территориях, имеет следующие формы:

– химическое и биологическое загрязнение атмосферы, гидросферы, литосферы территории навозохранилищ и прилегающих к ним участков;

- химическое и биологическое загрязнение с/х угодий при использовании недостаточно подготовленного навоза, при несоблюдении доз и сроков внесения навоза;
- деформация поверхности и изменения рельефа;
- отчуждение территорий [Ashikhmina, Kaverina, 2022].

Согласно Территориальной схеме обращения с отходами на территории Воронежской области [О внесении изменения ..., 2021] источники образования и накопления навоза имеются практически повсеместно, за исключением восточной микрзоны (рис. 7). В составе преобладает навоз крупного рогатого скота. Наименьшее количество источников отмечается для помета куриного, птичьего.

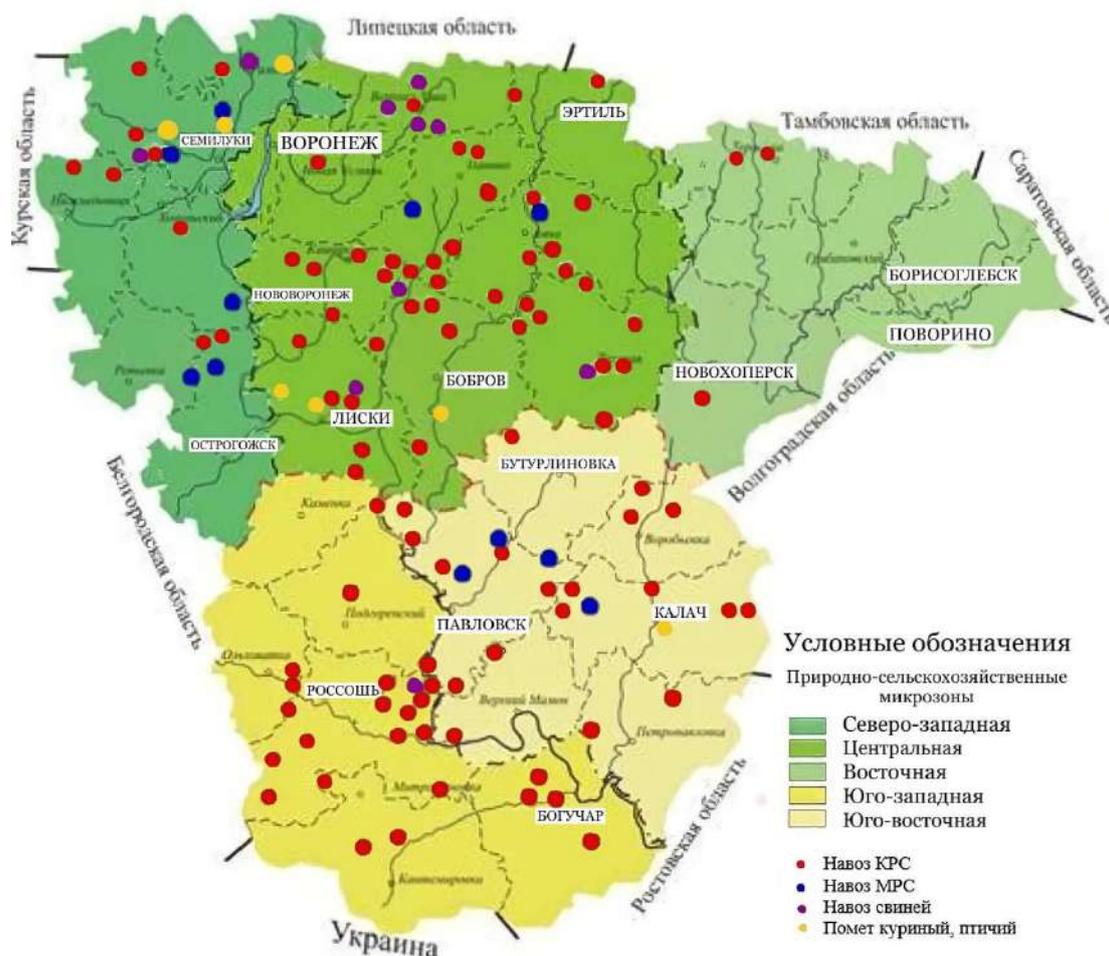


Рис. 7. Распределение источников образования навоза по природно-сельскохозяйственным микрзонам Воронежской области
Fig. 7. Distribution of manure sources by natural and agricultural microzones of Voronezh region

Активные годовые температуры и количество осадков оказывают существенное влияние на процессы разложения навоза, поэтому климатические условия районов необходимо учитывать при устройстве навозохранилищ, а также при его использовании на сельхозугодьях. В южных, засушливых районах области, где навоз и помет при открытом хранении быстро высыхает, целесообразно проектировать заглубленные навозохранилища котлованного типа. В этом случае разложение навоза будет сопровождаться минимальными потерями питательных веществ.

В районах с низкими зимними температурами предпочтительнее устройство закрытых навозохранилищ. Такой способ хранения навоза способствует наилучшему сохранению в нем питательных веществ.

Формирование накопленного экологического вреда от объектов размещения навоза происходит в результате выбросов в атмосферу газообразных продуктов его разложения, воздействия атмосферных осадков и дальнейшим горизонтальным и вертикальным распространением стоков, в результате чего образуется химическое и биологическое загрязнение поверхностных и подземных вод, почвенного покрова.

Особенно опасно негативное влияние навозных стоков на качество воды путем загрязнения надземных и подземных вод различными химическими элементами, патогенной микрофлорой и токсическими веществами.

Значительное количество источников образования навоза на территории Воронежской области расположено в районах с высокими показателями густоты речной сети [Акимов и др., 2014] (рис. 8), что повышает вероятность загрязнения поверхностных водных объектов. Такие условия наблюдаются в северной, центральной и северо-восточной частях области. Здесь основное количество источников навоза расположено на территориях с густотой речной сети $0,21\text{--}0,3\text{ км/км}^2$.

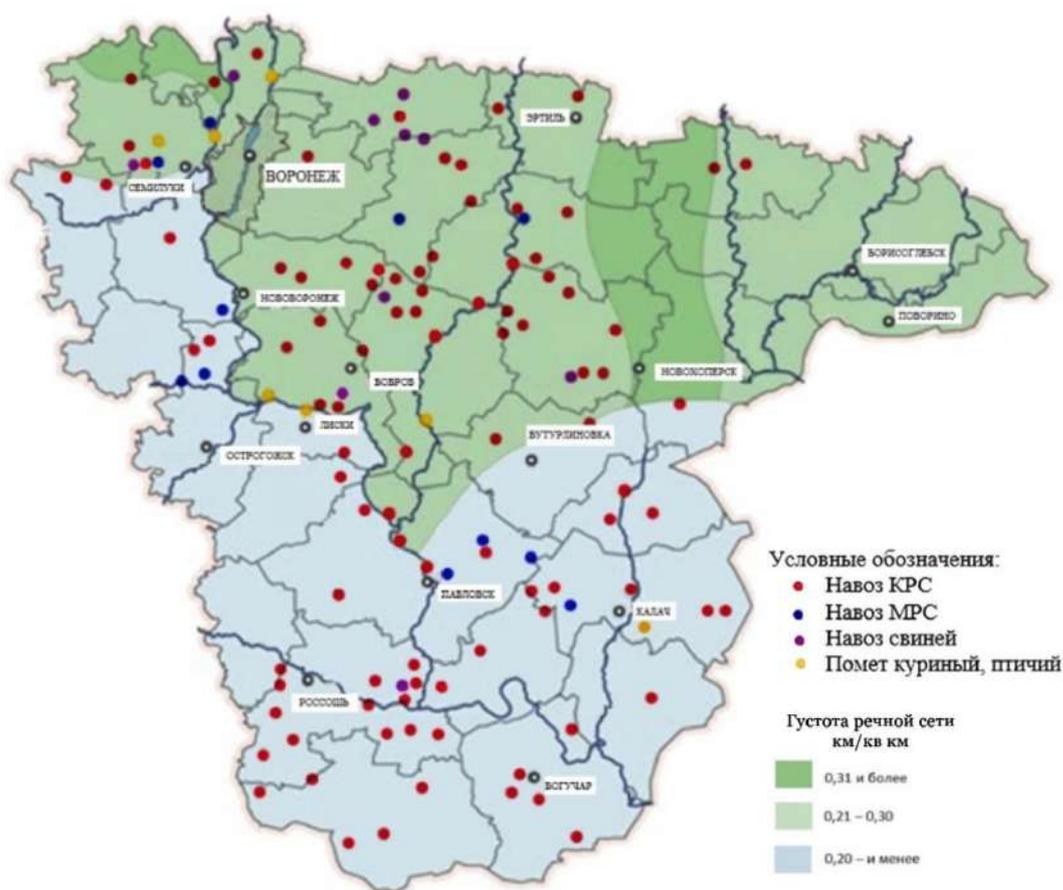


Рис. 8. Анализ возможности загрязнения поверхностных вод Воронежской области навозными стоками

Fig. 8. Analysis of the possibility of surface water pollution in Voronezh region by manure runoff

Наличие значительного количества поверхностных водных объектов в непосредственной близости от животноводческих комплексов обуславливает особые требования к выбору места размещения навозохранилищ, их гидроизоляции, применению комплекса организационно-технических мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций, связанных с неконтролируемым поступлением навоза в окружающую среду.

Животноводческие комплексы и, соответственно, навозохранилища обычно расположены в непосредственной близости от населенных пунктов, где для водоснабжения используются верхние водоносные горизонты. Загрязнение подземных вод в этих районах

проявляется в повышенных концентрациях соединений азота – нитратов, нитритов, аммония [Смолянинов, 2003].

Возможность загрязнения подземных вод от антропогенных объектов, в том числе и от навозохранилищ, определяется как техническим состоянием эксплуатируемых сооружений, так и влиянием геоэкологических факторов: количества атмосферных осадков, глубины залегания подземных вод, условиями геологической защищенности верхнего водоносного горизонта (водопроницаемостью пород). Также загрязнение подземных вод может происходить при несоблюдении норм и сроков внесения навоза в почвы сельхозугодий. Скорость и масштаб возможного загрязнения в этом случае обусловлены теми же природными факторами.

На рис. 9 показано схематичное расположение источников образования навоза на карте осадков на территории Воронежской области [Акимов и др., 2014].

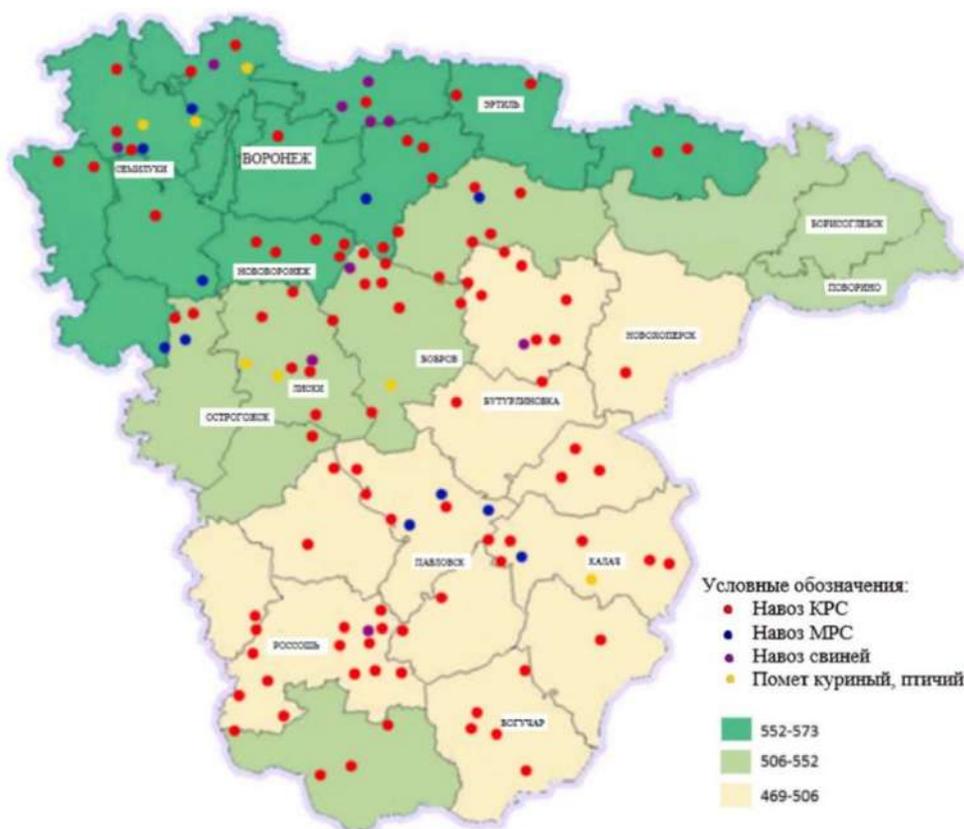


Рис. 9. Распределение источников образования навоза на карте годового количества осадков на территории Воронежской области

Fig. 9. Distribution of manure sources on the map of annual precipitation in Voronezh region

Наибольшее количество осадков наблюдается на севере и северо-западе Воронежской области. В этой зоне находится приблизительно третья часть животноводческих предприятий области, на которых образуются все виды навоза и для которых данный геоэкологический фактор является существенным при разработке систем хранения и утилизации отходов животноводства, геоэкологического мониторинга.

Питьевое водоснабжение Воронежской области практически полностью базируется на использовании подземных вод. Пресные подземные воды питьевого назначения приурочены в основном к неоген-четвертичному, меловому и девонскому водоносным комплексам, сосредоточенным в семи гидрогеологических районах [Бочаров и др., 2010; Акимов и др., 2014].

Основное количество воды в области отбирается из наиболее доступного, самого первого от поверхности земли неоген-четвертичного водоносного комплекса. Далее по убыванию объемов забора воды и по увеличению глубины залегания следуют: меловой водоносный комплекс – девонские подземные воды – воды докембрийского кристаллического фундамента (архейско-протерозойский водоносный комплекс) [Акимов и др., 2014].

Значительная часть животноводческих хозяйств и, соответственно, навозохранилищ, приурочены к районам расположения самого близкого к поверхности земли – неоген-четвертичного водоносного комплекса (рис. 10).

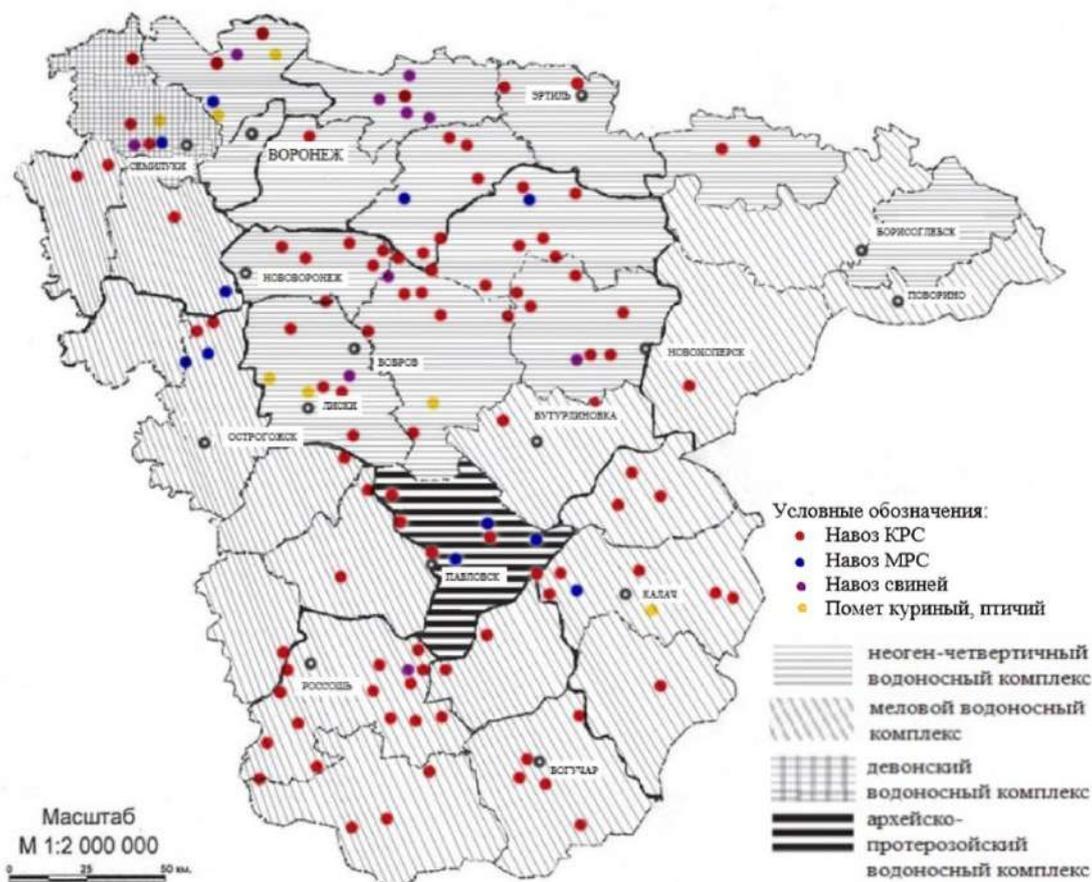


Рис. 10. Распределение источников образования навоза на карте основных водоносных комплексов, используемых в питьевом водоснабжении Воронежской области.

Жирным шрифтом выделены границы гидрогеологических районов

Fig. 10. Distribution of sources of muck formation on the map of the main aquifer complexes used in the drinking water supply of Voronezh region. Bold font marks the boundaries of hydrogeological districts

В этих районах особое внимание следует уделять выбору места расположения объектов размещения навоза с учетом глубины залегания и направления потока подземных вод, расположения водозаборов.

Природно-ландшафтное районирование территории Воронежской области с учетом водопроницаемости пород [Ашихмина, Филатова, 2019] позволяет выделить на исследуемой территории шесть районов с различными условиями водопроницаемости пород и, соответственно, защищенности подземных вод. Наибольшая водопроницаемость пород отмечается в северо-западном (верхнедевонские известняки) и западном районе (пески, глины и суглинки палеогена, мела верхнемелового возраста). Наименьшая водопроницаемость характерна для пород восточного района (ледниковые четвертичные суглинки). Центральный

(пески древнеаллювиальные четвертичного возраста), южный (мела верхнемелового возраста) и юго-восточный районы (ледниковые суглинки, пески и глины палеогена, мела верхнемелового возраста) занимают промежуточное положение с водопроницаемостью атмосферных осадков порядка 7,7–7,8 %.

Распределение источников образования навоза по выделенным районам показано на рис. 11.

Проведенный анализ картографического материала показал, что наиболее опасные условия по вероятности загрязнения подземных вод сформировались в северо-западной и центральной природно-сельскохозяйственных микрорайонах Воронежской области, отличающихся значительным количеством атмосферных осадков, слабой защищенностью относительно неглубоких подземных водоносных комплексов, используемых для водоснабжения населения.

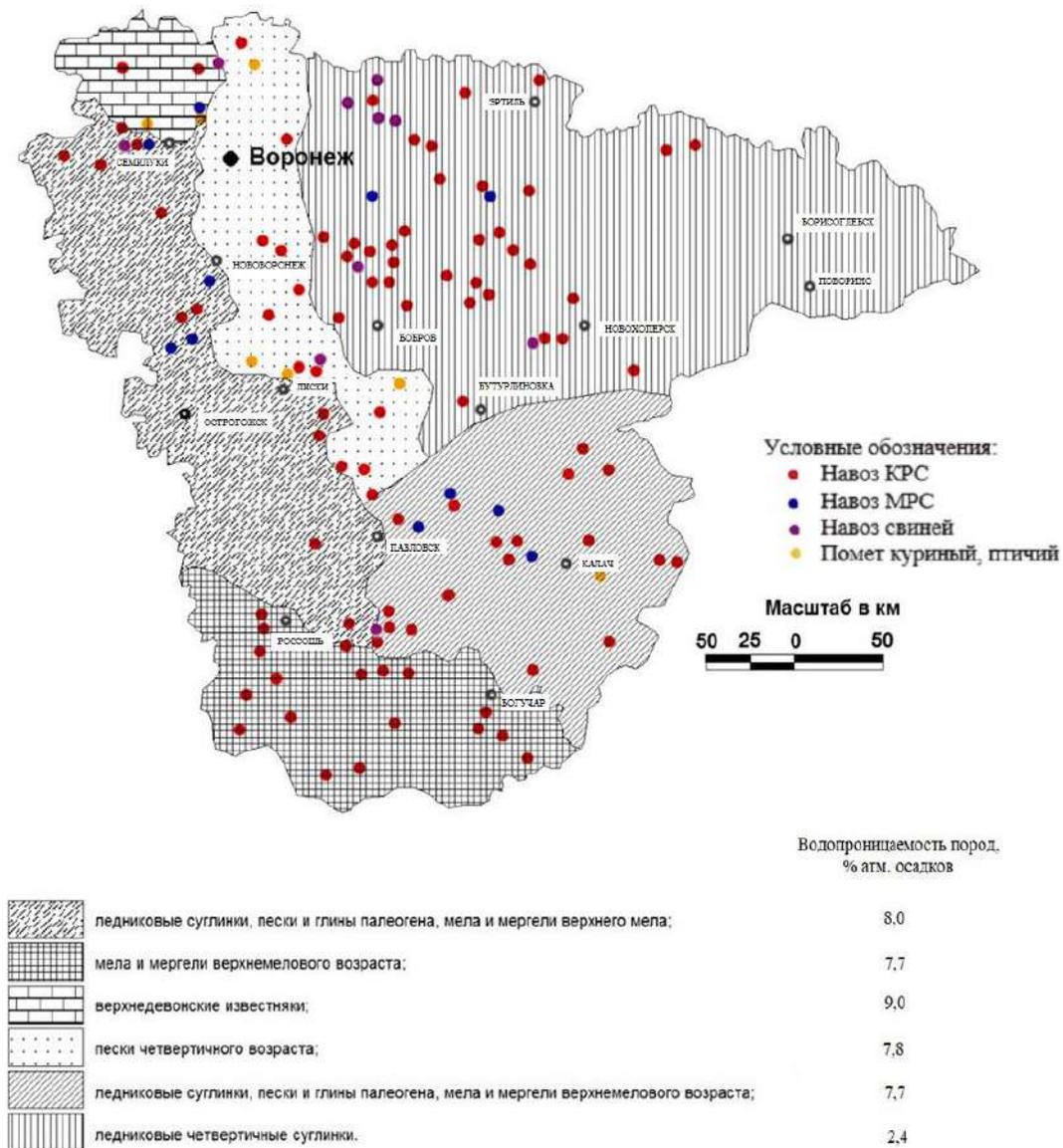


Рис. 11. Природно-ландшафтное районирование территории Воронежской области с учетом водопроницаемости пород и распределения источников образования навоза

Fig. 11. Natural landscape zoning of the Voronezh region territory with regard to water permeability of rocks and distribution of sources of manure formation

На основе анализа пространственного расположения источников навоза и геоэкологических факторов на территории Воронежской области разработана схема предварительной, скрининговой оценки потенциального риска формирования НВОС от отходов животноводства, размещенных, соответственно, в непосредственной близости от источников их образования (табл. 5). Ранжирование каждого фактора риска проводилось по критериям: максимальное значение, среднее значение, минимальное значение (maximum, medium, minimum) для территории Воронежской области.

Максимальный потенциальный риск формирования экологического вреда отмечается в центральной природно-сельскохозяйственной микроне, где эксплуатация животноводческих комплексов, сбор, накопление и хранение навоза должны сопровождаться соблюдением повышенных гидроизоляционных требований к устройству навозохранилищ. Необходимо отметить, что риск загрязнения окружающей среды отходами животноводства значительно усугубляется на мелких фермерских и индивидуальных хозяйствах вследствие несоблюдения природоохранных требований к устройству навозохранилищ и отсутствия достаточных площадей сельхозугодий для применения навоза.

Таблица 5
Table 5

Схема скрининговой оценки потенциального риска формирования НВОС
от отходов животноводства
The scheme of screening assessment of the potential risk of the formation of NVOS
from animal husbandry waste

Природно-сельскохозяйственные зоны	Природно-экономические сельскохозяйственные микроне	Факторы риска				
		Количество источников навоза	Количество осадков	Густота речной сети	Глубина подземных вод	Водопроницаемость пород
лесостепная	Северо-западная	med	max	max	med	min
	Центральная	max	max	max	min	max
	Восточная	min	med	max	med	max
степная	Юго-восточная	med	min	min	med	med
	Юго-западная	max	min	min	med	med

Оптимальными для строительства навозохранилищ являются пленочные полимерные материалы, которые используются как при строительстве крупных животноводческих комплексов, так и для частных фермерских хозяйств, занимающихся животноводством и свиноводством.

В районах с высокой плотностью населения для животноводческих предприятий, находящихся в непосредственной близости от поверхностных водных объектов и на песчаных грунтах, рекомендуется строительство капитальных прифермских открытых или закрытых навозохранилищ с надежной гидроизоляцией в виде твердого покрытия стен и дна.

Проведенный риск-ориентированный анализ условий формирования НВОС от размещения навоза на территории Воронежской области позволяет обосновать систему геоэкологического мониторинга в районах расположения животноводческих комплексов и навозохранилищ (табл. 6) с учетом приоритетных факторов экологической опасности таких объектов в существующих геоэкологических условиях.



Таблица 6
 Table 6

Приоритетные направления геоэкологического мониторинга на объектах размещения навоза
 в геоэкологических условиях Воронежской области
 Priority areas of geo-ecological monitoring at manure disposal sites
 in the geo-ecological conditions of Voronezh region

Факторы формирования НВОС на объекте размещения навоза	Формы НВОС	Условия окружающей среды, подлежащие мониторингу и оценке	Районы наибольшего проявления фактора на территории Воронежской области
Эмиссия газообразных продуктов разложения навоза	<ul style="list-style-type: none"> – Изменение компонентного состав атмосферы – Неприятный запах и загрязняющие вещества в воздухе близлежащих населенных мест (ухудшается качество среды обитания) – Загрязнение прилегающих территорий в результате рассеивания и последующего осаждения загрязняющих веществ 	<ul style="list-style-type: none"> – Метеорологические параметры. – Расположение населенных территорий. – Концентрации загрязняющих веществ в воздухе 	Территории, занятые навозохранилищами и прилегающие к ним
Поверхностный сток, содержащий растворимые продукты разложения навоза	<ul style="list-style-type: none"> – Загрязнение подземных и поверхностных вод. – Загрязнение почв прилегающих территорий. 	<ul style="list-style-type: none"> – Водопроницаемость рельефообразующих пород – Глубина и защищенность подземных вод, наличие водозаборов – Расположение поверхностных водных объектов на прилегающей территории, вектор движения подземных вод – Концентрации загрязняющих веществ в природных водах и почвах 	Северо-западные и центральные природно-сельскохозяйственные микрзоны
Деформация поверхности изменения рельефа	<ul style="list-style-type: none"> – Влияние на устойчивость естественных форм рельефа. – Влияние на динамику экзогенного рельефообразования – Проявления неблагоприятных и опасных геоморфологических процессов 	<ul style="list-style-type: none"> – Геоморфологические параметры территории. – Параметры экзогенной геодинамики 	На всей территории области в зоне влияния навозохранилищ

Окончание табл. 6

Факторы формирования НВОС на объекте размещения навоза	Формы НВОС	Условия окружающей среды, подлежащие мониторингу и оценке	Районы наибольшего проявления фактора на территории Воронежской области
Биологическое загрязнение природных вод и почв на территории складирования и использования навоза	– Микробиологическое загрязнение подстилающих грунтов – Микробиологическое загрязнение почв на прилегающей территории – Микробиологическое загрязнение подземных и поверхностных вод – Распространение патогенной микрофлоры представителями фауны	– Водопроницаемость рельефообразующих пород – Глубина и защищенность подземных вод, наличие водозаборов – Расположение поверхностных водных объектов на прилегающей территории, вектор движения подземных вод – Параметры биологической и микробиологической активности почв прилегающих территорий – Количественный и видовой состав фауны	На всей территории области в зоне влияния навозохранилищ
Формирование специфического грунта на территории размещения навоза	– Замена естественных почв и грунтов техногенно сформированными с высокой концентрацией техногенных элементов – Ограничения по использованию территорий после ассимиляции отходов окружающей средой	– Структура почвенного покрова территории. – Характеристики продуктивности почв	На всей территории области в зоне влияния навозохранилищ

Заключение

Источники образования отходов животноводства расположены на всей территории Воронежской области в различных геоэкологических условиях.

Экологическая опасность навозохранилищ обусловлена возможностью бесконтрольного поступления навоза в окружающую среду в результате недостаточности проработки нормативно-правовых, организационно-технических, научно-экологических, образовательно-просветительских аспектов систем хранения и использования отходов животноводства.

Формирование НВОС от навоза происходит под влиянием двух составляющих – техногенной и природной. К последней относятся геоэкологические условия, в которых происходит применение навоза и располагаются объекты его размещения.

Загрязнение поверхностных и подземных вод в зоне расположения навозохранилищ в значительной степени определяется густотой речной сети, суммой осадков, глубиной и степенью защищенности водоносного слоя.

Выявление приоритетных факторов экологической опасности объектов размещения отходов животноводства в существующих геоэкологических условиях позволяет разработать рекомендации по устройству таких объектов, а также по разработке системы геоэкологического мониторинга с целью управления их экологической безопасностью.



Список источников

- Ашихмина Т.В., Каверина Н.В. 2022. Актуальные нормативно-правовые и организационные аспекты разработки проектов ликвидации накопленного экологического вреда на объектах (территориях) размещения отходов. Часть II. Методологическое и технологическое обеспечение процессов ликвидации накопленного вреда окружающей среде от размещения отходов производства и потребления: методические рекомендации. Воронеж, Издательство «Цифровая полиграфия», 80 с.
- Дашковский И. 2018. Дырявая экология. Сельское хозяйство производит 250 млн т отходов в год. Агротехника и технологии, 02. Электронный ресурс. URL: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/29525-dyryavaya-ekologiya/> (дата обращения: 10.10.2022).
- КОМПЛАН. Реестр проверок генпрокуратуры. Электронный ресурс. URL: <https://complan.pro/inspection/362100175596> (дата обращения: 08.08.2022).
- Новостной портал. Московский комсомолец. Воронеж. Электронный ресурс. URL: <https://vrn.mk.ru/incident/2018/12/03/krupnoe-voronezhskoe-selkhozpredpriyatie-otvetit-zanavoz.html> (дата обращения: 01.08.2022).
- О внесении изменения в приказ департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области: Приложение к приказу департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области от 17.06.2021 № 299 от 26.08.2016 № 356. Электронный ресурс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/574828437?marker> (дата обращения: 07.08.2022).
- СП 289.1 325 800.201710. Сооружения животноводческих, птицеводческих и звероводческих предприятий. Правила проектирования. Электронный ресурс URL: <https://docs.cntd.ru/document/456069595> (дата обращения: 25.07.2022).
- СП 374.1 325 800.2018. Здания и помещения животноводческие, птицеводческие и звероводческие. Правила эксплуатации. Электронный ресурс URL: <https://news.ecoindustry.ru/2020/08/obrashhenie-s-othodami-zhivotnovodstva/> (дата обращения: 25.07.2022).
- Территориальная схема обращения с отходами на территории Воронежской области (в ред. приказа департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области от 17.06.2021 № 299), утв. Приказом департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области от 26.08.2016 № 356. Электронный ресурс URL: <https://docs.cntd.ru/document/453149000> (дата обращения: 30.07.2022).
- Управление Россельхознадзора по Воронежской, Белгородской и Липецкой областям. Электронный ресурс URL: <https://rsnvrn.ucoz.ru> (дата обращения: 03.08.2022).

Список литературы

- Акимов Л.М., Бочаров В.Л., Дмитриева В.А., Нестеров Ю.А., Нефедова Е.Г., Прохорова О.В., Строгонова Л.Н., Федотов В.И., Федотов С.В. 2014. Материалы по оценке производительных сил муниципальных районов Воронежской области (агроклиматические, водные и рекреационно-туристские ресурсы). Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 4: 68–126.
- Ахтырцев Б.П., Бугаев В.А., Хмелев К.Ф. 1985. Природные ресурсы ЦЧЭР, перспективы их использования и охрана. Воронеж, Изд-во ВГУ, 200 с.
- Ашихмина Т.В. 2014. Геоэкологический анализ состояния окружающей среды природоохранные рекомендации в районе расположения полигонов ТБО Воронежской области. Автореф. дис.... канд. геогр. наук. М., 22 с.
- Ашихмина Т.В., Филатова А.И. 2019. Вопросы геоэкологической безопасности полигонов твердых коммунальных отходов на территории Воронежской области. В кн.: Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие». Материалы Международных научных конференций, Санкт-Петербург, 27–31 августа 2019. СПб., Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ»: 107–110.

- Бочаров В.Л., Строгонова Л.Н., Овчинникова Е.С. 2010. Проблемы изучения и использования ресурсов подземных питьевых вод Воронежской области. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология, 1: 243–251.
- Бухтояров Н.И., Терновых К.С., Зотова К.Ю. 2020. Анализ состояния и использования земель сельскохозяйственного назначения Воронежской области. *International Agricultural Journal*, 63(2): 11. DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10154
- Гапонова С.Н., Солодовникова М.П., Новичихина Н.А. 2018. Особенности регионального развития Воронежской области. *Регион: системы, экономика, управление*, 3(42): 100–104.
- Лаптиева О.А., Герасименко Ю.Ю., Чечин Д.И. 2021. Климатические и географические условия Воронежской области, как фон проявления негативных природных процессов. *Модели и технологии природообустройства (региональный аспект)*, 1(12): 23–29.
- Смолянинов В.М. 2003. Подземные воды центрально-черноземного региона: условия их формирования, использование. Воронеж, Истоки, 240 с.
- Смолянинов В.М., Яценко Н.М. 2015. Использование подземных вод для сельскохозяйственного водоснабжения в Воронежской области. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология, 4: 146–151.
- Ashikhmina T.V., Kaverina N.V. 2022. The Main Aspects of the Formation and Elimination of Accumulated Harm to the Environment from the Objects of Placement of Production and Consumption Waste. In: *Process management and scientific developments. Proceedings of the International Conference, Birmingham, 06 April 2022. Birmingham, Publ. Infinity*: 147–152.

References

- Akimov L.M., Bocharov V.L., Dmitriyeva V.A., Nesterov Y.A., Nefedova Y.G., Prokhorova O.V., Strogonova L.N., Fedotov V.I., Fedotov S.V. 2014. Information Over the Evaluation of Municipal Districts' Productive Forces in Voronezh Region (Agroclimatic, Water, Recreation and Tourism Resources). *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, 4: 68–126 (in Russian).
- Akhtyrtsev B.P., Bugaev V.A., Khmelev K.F. 1985. *Prirodnyye resursy TsChER, perspektivy ikh ispolzovaniya i okhrana* [Natural Resources of the CCER, Prospects for Their Use and Protection]. Voronezh, Publ. Voronezhskiy Gosudarstvennyy Universitet, 200 p.
- Ashikhmina T.V. 2014. *Geoekologicheskiy analiz sostoyaniya okruzhayushchey sredy prirodookhrannyye rekomendatsii v rayone raspolozheniya poligonov TBO Voronezhskoy oblasti* [Geo-ecological analysis of the state of the environment environmental recommendations in the area of landfills of the Voronezh region]. Abstract. dis.... cand. geogr. sciences. Moscow, 22 p.
- Ashimina T.V., Filatova A.I. 2019. Geocological Safety Issues of Solid Municipal Waste Landfills in Territory of the Voronezh Region. In: *Themed Collection of Papers from International Conferences by HNRI «National Development»*. Materials of the International Scientific Conferences, St. Petersburg, 27–31 August 2019. St. Petersburg, Publ. Private Scientific and Educational Institution of Additional Professional Education Humanitarian National Research Institute "Natsrazvitiye": 107–110 (in Russian).
- Bocharov V.L., Strogonova L.N., Ovchinnikova E.S. 2010. Problems of Studying and Using of Underground Potable Water Resources of the Voronezh Area. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 1: 243–251 (in Russian).
- Bukhtoiarov N.I., Ternovyyh K.S., Zotova K.Yu. 2020. Analysis of the State and Use of Agricultural Land in the Voronezh Region. *International Agricultural Journal*, 63(2): 11 (in Russian). DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10154.
- Gaponova S.N., Solodovnikova M.P., Novichikhina N.A. 2018. Features of Regional Development of the Voronezh Region. *Region: systems, economics, management*, 3(42): 100–104 (in Russian).
- Laptieva O.A., Gerasimenko Yu. Yu., Chechin D.I. 2021. Climatic and Geographical Conditions of the Voronezh Region, as the Background of Negative Natural Processes. *Модели и технологии природообустройства (региональный аспект)*, 1(12): 23–29 (in Russian).
- Smolyaninov V.M. 2003. *Podzemnyye vody tsentralno-chernozemnogo regiona: usloviya ikh formirovaniya, ispolzovaniye* [Underground Waters of the Central Black Earth Region: Conditions of Their Formation, Use]. Voronezh, Publ. Istoki, 240 p.



- Smolyaninov V.M., Yatsenko N.M. 2015. Use of Groundwater for Rural Water Supply in the Voronezh Region. Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology, 4: 146–151 (in Russian).
- Ashikhmina T.V., Kaverina N.V. 2022. The Main Aspects of the Formation and Elimination of Accumulated Harm to the Environment from the Objects of Placement of Production and Consumption Waste. In: Process management and scientific developments. Proceedings of the International Conference, Birmingham, 06 April 2022. Birmingham, Publ. Infinity: 147–152.

*Поступила в редакцию 05.09.2022;
поступила после рецензирования 26.09.2022;
принята к публикации 08.11.2022*

*Received September 05, 2022;
Revised September 26, 2022;
Accepted November 08, 2022*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ашихмина Татьяна Валентиновна, кандидат географических наук, доцент кафедры техносферной и пожарной безопасности Воронежского государственного технического университета, Воронеж, Россия

Каверина Наталия Викторовна, кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, Воронеж, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Tatyana V. Ashikhmina, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Technosphere and Fire Safety of the Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Nataliy V. Kaverina, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring of the Voronezh State University, Voronezh, Russia



УДК 628.193

DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-615-623

Экологически допустимые концентрации тяжёлых металлов в реке Большая Нева

¹ Фрумин Г.Т., ² Негодина Е.С.

¹ Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
Россия, 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48

² Санкт-Петербургский филиал «ВНИРО» («ГосНИОРХ») им. Л.С. Берга)
Россия, 199053, Санкт-Петербург, ул. Набережная Макарова, 26
E-mail: gfrumin@mfil.ru, 10020092@rambler.ru

Аннотация. Цель исследования – обоснование региональных концентраций тяжёлых металлов в реке Большая Нева. Для расчётов экологически допустимых концентраций использованы первичные данные гидрохимического мониторинга за период 2000–2011 гг., заимствованные из ежегодников Санкт-Петербургского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями. Представлены результаты расчётов экологически допустимых концентраций пяти тяжёлых металлов (железо общее, медь, свинец, марганец, кадмий) в реке Большая Нева. Для расчётов использованы три различных метода: метод С.А. Патины, метод Д.Г. Замолодчикова и метод Е.В. Веницианова и соавторов. Для расчётов по методу С.А. Патины применены два показателя – средняя концентрация химического элемента за рассматриваемый период и стандартное отклонение. Расчёты по методу Д.Г. Замолодчикова базировались на применении верхней и нижней квартилей распределения. В расчётах по методу Е.В. Веницианова и соавторов применены три показателя – объём выборки, верхняя квартиль распределения и среднеквадратическое отклонение для квантиля порядка 0,75. На основе принципа санитарного максимализма обоснован оптимальный метод расчёта региональных предельно допустимых концентраций тяжёлых металлов – метод, разработанный Е.В. Венициановым и соавторами. Установлена «весьма высокая» теснота связи между экологически допустимыми концентрациями тяжёлых металлов в реке Большая Нева и их кларками в земной коре. Приведены результаты прогноза величин экологически допустимых концентраций (ЭДК) для четырёх металлов (кобальт, никель, цинк, алюминий).

Ключевые слова: тяжёлые металлы, экологическое нормирование, региональные показатели качества воды, принцип санитарного максимализма, кларки

Для цитирования: Фрумин Г.Т., Негодина Е.С. 2022. Экологически допустимые концентрации тяжёлых металлов в реке Большая Нева. Региональные геосистемы, 46(4): 615–623. DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-615-623

Environmentally Allowable Concentrations of Heavy Metals in the River Bolshaya Neva

¹ Grigory T. Frumin, ² Evgenia S. Negodina

¹ Herzen State Pedagogical University of Russia
48 Nab. R. Moiki, St. Petersburg 191186, Russia

² State Research Institute of Lake and River Fisheries (GosNIORKh)
26 Nab. Makarova, St. Petersburg 199053, Russia
E-mail: gfrumin@mfil.ru, 10020092@rambler.ru

Abstract. The purpose of the study is to substantiate the regional concentrations of heavy metals in the river Bolshaya Neva. To calculate the environmentally acceptable concentrations, primary data of



hydrochemical monitoring for the period 2000–2011 were used, borrowed from the yearbooks of the St. Petersburg Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring with regional functions. The results of calculations of environmentally acceptable concentrations of five heavy metals (common iron, copper, lead, manganese, cadmium) in the river Bolshaya Neva are presented. Three different methods were used for calculations: the method of S.A. Patina, method D.G. Zamolodchikov and the method of E.V. Venitsianov and co-authors. For calculations by the method of S.A. Patina used two indicators – the average concentration of a chemical element for the period under review and the standard deviation. Calculations by the method of D.G. Zamolodchikov were based on the use of the upper and lower quartiles of the distribution. In calculations according to the method of E.V. Venitsianov and co-authors used three indicators – the sample size, the upper quartile of the distribution and the standard deviation for the quantile of about 0.75. Based on the principle of sanitary maximalism, the optimal method for calculating regional maximum permissible concentrations of heavy metals is substantiated – the method developed by E.V. Venitsianov and co-authors. A very high close relationship between the environmentally acceptable concentrations of heavy metals in the river Bolshaya Neva and their clarks in the earth's crust has been established. The results of predicting environmentally acceptable concentrations values for four metals (cobalt, nickel, zinc, aluminum) are presented.

Keywords: heavy metals, environmental regulation, regional indicators of water quality, the principle of sanitary maximalism, clarks

For citation: Frumin G.T., Negodina E.S. 2022. Environmentally Allowable Concentrations of Heavy Metals in the River Bolshaya Neva. *Regional geosystems*, 46(4): 615–623 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-615-623

Введение

Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ в водных объектах – это концентрация вещества в воде, при повышении которой вода становится непригодной для одного или нескольких видов водопользования [Дедю, 1990].

Со временем стало очевидным, что требования к качеству воды, потребляемой разными отраслями промышленности, могут существенно различаться. Это привело к развитию самостоятельной системы рыбохозяйственных ПДК_{РХ}, направленной на охрану водоёмов как базы для организации рыбоводства и рыболовства [Владимиров и др., 1991].

Предельно допустимая концентрация (ПДК_{РХ}) вещества в воде характеризует его максимально допустимую концентрацию (или его метаболитов) в воде, при которой в водном объекте не возникают последствия, снижающие его рыбохозяйственную ценность (в ближайшее время и в перспективе) или затрудняющие его рыбохозяйственное использование при постоянстве этой концентрации в воде водного объекта [Об утверждении методических ..., 2009].

Примерно с 1990-х годов система ПДК_{РХ} подвергается аргументированной критике, подробно изложенной в ряде работ [Никаноров и др., 1988; Дмитриев, 1994; Волков и др., 1996; Фрумин, 1998; 2015]. В частности, федеральные ПДК_{РХ} не учитывают специфику функционирования водных экосистем в различных природно-климатических зонах (широтная и вертикальная зональность) и биогеохимических провинциях (естественные геохимические аномалии с различным уровнем содержания природных соединений).

В статье О.В. Гагариной [2012]: «Одной из главных причин ухудшения качества вод в последнее время признаётся несовершенство системы нормирования. В частности, в качестве критериев нормирования применяются одинаковые для всей территории России ПДК, которые зависят только от вида водопользования и не учитывают региональных особенностей формирования природных вод». Аналогичная точка зрения приведена в работе П.А. Лозовика [1998].

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду должны обеспечивать соблюдение нормативов качества окружающей среды с учётом природных особенностей территорий и акваторий [Об охране окружающей среды, 2002].

В связи с изложенным цель исследования заключалась в обосновании экологически допустимых концентраций тяжёлых металлов в реке Большая Нева.

Объекты и методы исследования

Река Большая Нева вытекает из Шлиссельбургской губы Ладожского озера и впадает в Невскую губу Финского залива [Нежиховский, 1981]. Координаты 59°56'41" с.ш. 30°18'34" в.д. Длина реки 74 км, средний многолетний расход воды 2500 м³/с.

Для расчётов экологически допустимых концентраций (ЭДК) тяжёлых металлов в реке Большая Нева использованы первичные данные гидрохимического мониторинга за период 2000–2011 гг., заимствованные из ежегодников СЗ УГМС. Отбор проб воды проводился в восьми створах (рис. 1, табл. 1) [Водные объекты ..., 2002].

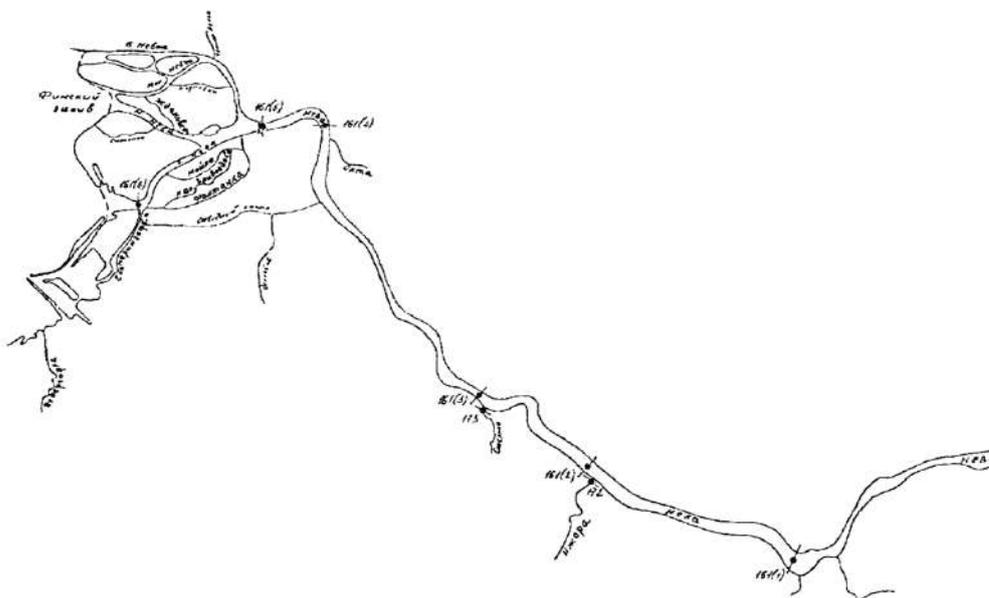


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб воды
Fig. 1. Layout of water sampling stations

Таблица 1
Table 1

Пункты наблюдений на реке Большая Нева
Observation points on the river Bolshaya Neva

Водоток (створ)	Пункт наблюдений
р. Большая Нева	г. Кировск (створ 1)
р. Большая Нева	г. Кировск (створ 2)
р. Большая Нева 161(1)	Санкт-Петербург; 0,5 км ниже впадения р. Тосна
р. Большая Нева 161(2)	Санкт-Петербург; 0,5 км ниже впадения р. Ижора
р. Большая Нева 161(3)	Санкт-Петербург; 0,5 км ниже впадения р. Славянка, г/п Новосаратовка
р. Большая Нева 161(4)	Санкт-Петербург; 0,5 км ниже впадения р. Охта
р. Большая Нева 161(5)	Санкт-Петербург; 0,1 км выше Литейного моста
р. Большая Нева 161(6)	Санкт-Петербург; 1,4 км выше устья



Для установления ЭДК были использованы три различных метода, разработанные С.А. Патиным [1979], Д.Г. Замолодчиковым [1993] и Е.В. Венициановым с соавторами [2015].

Количественная оценка верхнего биогеохимического порога экологической толерантности, предложенная С.А. Патиным [1979], выполняется по формуле (1):

$$\text{ЭДК} = C_{\text{CP}} + 2\sigma, \quad (1)$$

где ЭДК – экологически допустимая концентрация; C_{CP} – средняя концентрация; σ – стандартное отклонение совокупности результатов, использованных для оценки C_{CP} . Множитель 2 – это округлённое значение t-критерия Стьюдента для 95 % уровня значимости.

Согласно Д.Г. Замолодчикову [1993] современные статистические методы предоставляют возможность при достаточно большом наборе данных определить значения, «выпадающие» из этого распределения. Верхняя граница «выпадающих» значений может служить оценкой допустимого уровня для тех факторов, с возрастанием которых связано ухудшение экологического состояния гидроэкосистемы. Верхнюю границу «выпадающих» значений можно найти из следующей формулы (2):

$$\text{ЭДК} = \text{BK} + 1,5(\text{BK} - \text{HK}), \quad (2)$$

где ЭДК – экологически допустимая концентрация (верхняя граница «выпадающих» значений), BK и HK – верхняя и нижняя квантили распределения.

Для оценки региональных ПДК загрязняющих веществ Венициановым с соавторами [2015] рекомендована следующая формула (3) (для единообразия с формулами 1 и 2 авторы данной статьи использовали символы ЭДК и BK):

$$\text{ЭДК} = \text{BK} - 2,15\sigma_{0,75}/\sqrt{N}, \quad (3)$$

где σ – среднеквадратичное отклонение для квантиля порядка $p = 0,75$; N – объём выборки.

$$\text{При } p = 0,75 \quad \sigma_{0,75} \approx 1,35\sigma. \quad (4)$$

Значения N, C_{CP} , $\sigma_{0,75}$, BK и HK для тяжёлых металлов за период 2000–2011 гг. представлены в табл. 2. Для расчётов был использован пакет прикладных программ Excel.

Таблица 2
Table 2

Показатели для расчётов экологически допустимых концентраций тяжёлых металлов
 Indicators for calculating environmentally acceptable concentrations of heavy metals

Металл	N	C_{CP}	σ	BK	HK
Железо общее ($\text{Fe}_{\text{общ}}$), мг/л	831	0,15	0,18	0,17	0,05
Медь (Cu), мкг/л	1259	5,20	3,90	6,50	2,80
Свинец (Pb), мкг/л	1258	3,30	3,20	4,40	1,00
Марганец (Mn), мкг/л	1260	15,90	35,90	12,00	1,40
Кадмий (Cd), мкг/л	1258	0,49	0,36	0,60	0,30

В статье [Фрумин, 2015] приведены значения ЭДК для основных рек Санкт-Петербурга, включая реку Большая Нева. Однако эти значения получены при использовании только метода Д.Г. Замолодчикова. Метод Е.В. Веницианов и соавторов не был применён.

Результаты и их обсуждение

По формулам 1–3 тремя методами были рассчитаны величины ЭДК тяжёлых металлов (табл. 3). В табл. 3 для последующего анализа были добавлены значения ПДК тяжёлых металлов для рыбохозяйственных водных объектов (ПДК_{РХ}) [Перечень..., 1999] и среднее содержание металлов в земной коре (кларки) [Овчинников, 1990].

Таблица 3
Table 3

Экологически допустимые концентрации тяжёлых металлов
Environmentally acceptable concentrations of heavy metals

Автор(ы) метода /показатели	Fe _{общ} , мкг/л	Cu, мкг/л	Pb, мкг/л	Mn, мкг/л	Cd, мкг/л
Патин С.А.	510	12,9	9,6	87,8	1,21
Замолодчиков Д.Г.	350	12,1	9,5	27,9	1,05
Веницианов Е.В. и соавторы	150	6,2	4,1	9,1	0,6
ПДК _{РХ}	100	1	6	10	1
Кларк, мг/кг	53,3	0,053	0,013	0,9	0,00017

Приведённые в табл. 3 результаты расчётов ЭДК показывают существенные различия этих величин в зависимости от метода расчёта. К примеру, ЭДК марганца в реке Большая Нева равна 87,8 мкг/л при расчёте методом С.А. Патина и 9,1 мкг/л при расчёте методом Е.В. Веницианова и соавторов, то есть различие в 9,6 раз. Как следует из табл. 3 наименьшие величины ЭДК зафиксированы для каждого из пяти рассмотренных тяжёлых металлов при использовании метода Е.В. Веницианова с соавторами.

Здесь уместно напомнить о принципе санитарного максимализма, когда все неопределённости и неоднозначности трактуются в сторону снижения показателя [Возняк, Лепихин, 2018]. Иными словами, в качестве оптимального метода расчётов ЭДК следует рассматривать метод, разработанный Е.В. Венициановым и соавторами.

По данным табл. 3 рассчитаны отношения ЭДК/ПДК_{РХ} (рис. 2).

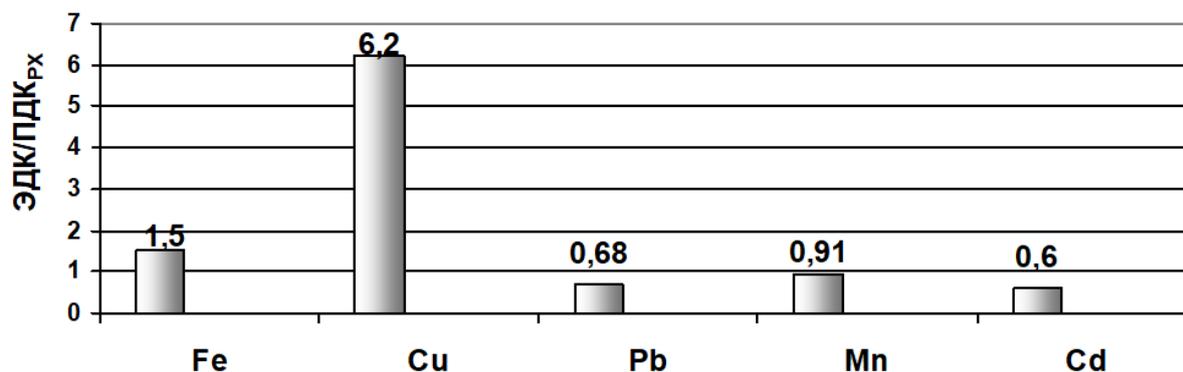


Рис. 2. Отношение экологически допустимых концентраций тяжёлых металлов к предельно допустимым концентрациям для рыбохозяйственных водных объектов

Fig. 2. The ratio of environmentally permissible concentrations of heavy metals to the maximum permissible concentrations for fishery water bodies

Приведённые на рис. 2 данные свидетельствуют о том, что ЭДК железа общего и меди больше ПДК_{РХ}, а ЭДК свинца, марганца и кадмия – меньше ПДК_{РХ}.

Соотношение между величинами ЭДК и кларками металлов в земной коре представлено на рис. 3.

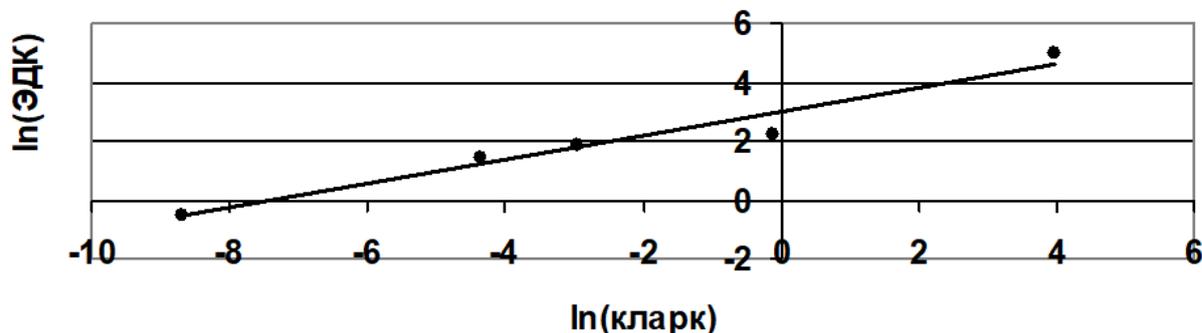


Рис. 3. Соотношение между натуральными логарифмами кларков и натуральными логарифмами экологически допустимых концентраций тяжёлых металлов
 Fig. 3. Correlation between natural logarithms of clarks and natural logarithms of environmentally acceptable concentrations of heavy metals

Линия регрессии, приведённая на рис. 3, описывается следующей формулой (5):

$$\ln(\text{ЭДК}) = 2,981 + 0,41 \ln(\text{кларк}), \quad (5)$$

$$n = 5 \quad r = 0,98 \quad r^2 = 0,95 \quad \sigma_{Y(x)} = 0,50 \quad F_p = 60,7 \quad F_T = 7,7.$$

Здесь n – количество металлов, r – коэффициент корреляции, r^2 – коэффициент детерминации, $\sigma_{Y(x)}$ – стандартная ошибка, F_p – расчётное значение критерия Фишера, F_T – табличное значение критерия Фишера при уровне значимости 95 %.

Согласно шкале Чеддока соотношение между величинами ЭДК и кларками характеризуется «весьма высокой» теснотой связи между переменными [Макарова, Трофимец, 2002]. Кроме того, эта зависимость адекватна ($F_p > F_T$) и может быть использована для предсказания величин ЭДК для других тяжёлых металлов, так как $F_p/F_T > 4$ [Дрейпер, Смит, 1986] (табл. 4).

Таблица 4
 Table 4

Прогнозируемые экологически допустимые концентрации тяжёлых металлов
 Projected environmentally acceptable concentrations of heavy metals

Показатели	Co	Ni	Zn	Al
Кларк, мг/кг	0,023	0,07	5,3	80,7
ЭДК, мкг/л	4,2	6,6	39,0	119,0

Заключение

Один из наиболее серьёзных недостатков системы рыбохозяйственных ПДК заключается в том, что эта система не учитывает специфику функционирования водных объектов в различных природно-климатических зонах (широтная и вертикальная зональность) и биогеохимических провинциях (естественные геохимические аномалии с различным уровнем содержания природных соединений), а значит, и их токсикорезистентность. Иными словами, система общесоюзных ПДК не учитывает региональные особенности водных объектов.

В ряде исследований различных авторов предложены методы расчётов региональных ПДК (ЭДК). В данной статье для расчётов ЭДК тяжёлых металлов в реке Большая Нева использованы три наиболее популярных метода: метод С.А. Патина, метод Д.Г. Замолодчикова и метод Е.В. Веницианова и соавторов. Следуя принципу санитарного максимализма, установлено, что в качестве оптимального метода расчётов ЭДК следует рассматривать метод, разработанный Е.В. Венициановым и соавторами.

Список источников

- Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. 1991. Охрана окружающей среды. Л., Гидрометеиздат, 423 с.
- Гагарина О.В. 2012. Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы. Ижевск, Издательство «Удмуртский университет», 199 с.
- Дедю И.И. 1990. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев, МСЭ, 408 с.
- Макарова Н.В., Трофимец В.Я. 2002. Статистика в Excel. М., Финансы и статистика, 368 с.
- Об утверждении методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Федеральное Агентство по рыболовству. Приказ от 4 августа 2009 г. № 695, 148 с.
- Перечень рыбохозяйственных нормативов, предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. 1999. М., Издательство ВНИРО, 304 с.
- Об охране окружающей среды: Федеральный закон Российской Федерации от 10 января 2002 г. №7-ФЗ. Электронный ресурс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 20 мая 2022).

Список литературы

- Алябина Г.А., Басова С.Л., Беляков В.П., Бударин В.Ф., Бутылин В.П., Былина Т.С., Ваганова Н.Ю., Варфоломеева И.Н., Воронцов А.М., Вуглинский В.С., Гальцова В.В., Глухова С.Э., Гронская Т.П., Дмитриев В.В., Дробкова В.Г., Ефремова Л.В., Зайцева О.В., Игнатьева Н.В., Канцарина О.В., Кобелева Н.И., Ковалева В.В., Кондратьев С.А., Кудерский Л.А., Кулангиева Л.В., Куриленко В.В., Кучер А.И., Ланге Н.И., Леонова М.В., Литова Т.Э., Макарецва Е.С., Мальшев В.В., Мелентьев К.В., Михайленко Р.Р., Моисеенков А.И., Никанорова М.Н., Новиков А.Н., Огарков П.И., Осмоловская Н.Г., Павлова О.А., Петрова Г.В., Прыткова М.Я., Распопов И.М., Румянцев В.А., Рыбалко А.Е., Сергеева Л.В., Силина Н.И., Скакальский Б.Г., Смирнова Л.Я., Сорокин И.Н., Степаненко И.В., Трифонова И.С., Федорова Н.К., Фрумин Г.Т., Чеботарев Е.А., Шелутко В.А. 2002. Водные объекты Санкт-Петербурга. СПб, Символ, 348 с.
- Веницианов Е.В., Мирошниченко С.А., Лепихин А.П., Губернаторова Т.Н. 2015. Разработка и обоснование региональных показателей качества воды по содержанию тяжелых металлов для водных объектов бассейна Верхней Камы. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, 3: 50–64.
- Возняк А.А., Лепихин А.П. 2018. Разработка региональных ПДК: необходимость, методика, пример. Географический вестник, 2(45): 103–115. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-2-103-115
- Волков И.В., Заличева И.Н., Шустова Н.К., Ильмаст Т.Б. 1996. Есть ли экологический смысл у общефедеральных рыбохозяйственных ПДК. Экология, 5: 350–354.
- Дмитриев В.В. 1994. Экологическое нормирование состояния и антропогенных воздействий на природные экосистемы. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География, 2: 60–70.
- Дрейпер Н., Смит Г. 1986. Прикладной регрессионный анализ. М., Финансы и статистика, 366 с.
- Замолодчиков Д.Г. 1993. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 15. СПб., Гидрометеиздат, 289 с.
- Лозовик П.А. 1998. Критерии оценки антропогенного влияния на водные экосистемы. В кн.: Антропогенное воздействие на природу Севера и его экологические последствия. Тезисы докладов Всероссийского совещания и выездной научной сессии. Апатиты. 22–25 июня 1998, Апатиты, Кольский научный центр РАН: 36–37.
- Нежиховский Р.А. 1981. Река Нева и Невская губа. Л., Гидрометеиздат, 112 с.
- Никаноров А.М., Тарасов М.Н., Трунов Н.М., Клименко О.А., Матвеева Н.П. 1988. Проблемы нормирования качества поверхностных вод и натурное экологическое моделирование. В кн.: Экологическое нормирование и моделирование антропогенного воздействия на водные экосистемы. Вып. 1. Л., Гидрометеиздат, 5–9.
- Овчинников Л.Н. 1990. Прикладная геохимия. М., Недра, 248 с.



- Патин С.А. 1979. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана. М., Пищевая промышленность, 304 с.
- Фруммин Г.Т. 1998. Оценка состояния водных объектов и экологическое нормирование. СПб., Синтез, 96 с.
- Фруммин Г.Т. 2015. Экологически допустимые концентрации металлов в реках Санкт-Петербурга. Экологическая химия, 24 (2): 105–110.

Reference

- Alyabina G.A., Basova S.L., Belyakov V.P., Budarin V.F., Butylin V.P., Bylina T.S., Vaganova N.Yu., Varfolomeyeva I.N., Vorontsov A.M., Vuglinskiy V.S., Galtsova V.V., Glukhova S.E., Gronskaya T.P., Dmitriyev V.V., Drabkova V.G., Efremova L.V., Zaytseva O.V., Ignatyeva N.V., Kantsarina O.V., Kobeleva N.I., Kovaleva V.V., Kondratyev S.A., Kuderskiy L.A., Kulangiyeva L.V., Kurilenko V.V., Kucher A.I., Lange N.I., Leonova M.V., Litova T.E., Makartseva E.S., Malyshev V.V., Melentyev K.V., Mikhaylenko R.R., Moiseyenko A.I., Nikanorova M.N., Novikov A.N., Ogarkov P.I., Osmolovskaya N.G., Pavlova O.A., Petrova G.V., Prytkova M.Ya., Raspopov I.M., Rummyantsev V.A., Rybalko A.E., Sergeyeva L.V., Silina N.I., Skakalskiy B.G., Smirnova L.Ya., Sorokin I.N., Stepanenko I.V., Trifonova I.S., Fedorova N.K., Frumin G.T., Chebotarev E.A., Shelutko V.A. 2002. Vodnyye ob"yekty Sankt-Peterburga [Water objects of St. Petersburg]. SPb., Publ. Simvol, 348 p.
- Venitsianov Ye.V., Miroschnichenko S.A., Lepikhin A.P., Gubernatorova T.N. 2015. Razrabotka i obosnovaniye regional'nykh pokazateley kachestva vody po sodержaniyu tyazhelykh metallov dlya vodnykh ob"yektov basseyna Verkhney Kamy [Development and substantiation of regional indicators of water quality on the content of heavy metals for water bodies of the Upper Kama basin]. Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy. tekhnologii. upravleniye, 3: 50–64.
- Wozniak A.A., Lepikhin A.P. 2018. Development of Regional MPC: Necessity, Methodology, Example. Geographical bulletin, 2 (45): 103–115 (in Russian). DOI: 10.17072/2079-7877-2018-2-103-115
- Volkov I.V., Zalicheva I.N., Shustova N.K., Il'mast T.B. 1996. Yest' li ekologicheskiy smysl u obshchefederal'nykh rybokhozyaystvennykh PDK [Is there any ecological sense in the general federal fishery MPCs]. Ekologiya, 5: 350–354.
- Dmitriyev V.V. 1994. Ekologicheskoye normirovaniye sostoyaniya i antropogennykh vozdeystviy na prirodnyye ekosistemy [Ecological regulation of the state and anthropogenic impacts on natural ecosystems]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya. Geografiya, 2: 60–70.
- Dreyper N., Smit G. 1986. Prikladnoy regressionnyy analiz [Applied regression analysis]. Moscow, Publ. Finansy i statistika, 366 p.
- Zamolodchikov D.G. 1993. Problems of ecological monitoring and ecosystems modeling. V. 15. St. Petersburg, Publ. Gidrometeoizdat, 289 p. (in Russian).
- Lozovik P.A. 1998. Kriterii otsenki antropogennogo vliyaniya na vodnyye ekosistemy. [Criteria for assessing anthropogenic impact on aquatic ecosystems] In: Antropogennoye vozdeystviye na prirodu Severa i yego ekologicheskiye posledstviya [Anthropogenic impact on the nature of the North and its ecological consequences]. Abstracts of reports of the All-Russian meeting and visiting scientific session. Apatity, June 22–25, 1998, Apatity, Publ. Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences: 36–37.
- Nezhikhovskiy R.A. 1981. Reka Neva i Nevskaya guba [Neva River and Neva Bay]. Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 112 p.
- Nikanorov A.M., Tarasov M.N., Trunov N.M., Klimenko O.A., Matveyeva N.P. 1988. Problemy normirovaniya kachestva poverkhnostnykh vod i naturnoye ekologicheskoye modelirovaniye [Problems of regulation of surface water quality and natural ecological modeling]. In: Ekologicheskoye normirovaniye i modelirovaniye antropogennogo vozdeystviya na vodnyye ekosistemy [Ecological regulation and modeling of anthropogenic impact on aquatic ecosystems]. V. 1, Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 5–9.
- Ovchinnikov L.N. 1990. Prikladnaya geokhimiya [Applied geochemistry]. Moscow, Publ. Nedra, 248 p.
- Patin S.A. 1979. Vliyaniye zagryazneniya na biologicheskiye resursy i produktivnost' Mirovogo okeana [Effects of pollution on biological resources and productivity of the World Ocean]. Moscow, Publ. Pishchevaya promyshlennost', 304 p.



- Frumin G.T. 1998. Otsenka sostoyaniya vodnykh ob"yektov i ekologicheskoye normirovaniye [Assessment of the state of water bodies and environmental regulation]. St. Petersburg, Publ. Sintez, 96 p.
- Frumin G.T. 2015. Ecologically Acceptable Concentrations of Metals in Rivers of St. Petersburg. Environmental chemistry, 24(2): 105–110 (in Russian).

*Поступила в редакцию 06.06.2022;
поступила после рецензирования 05.07.2022;
принята к публикации 14.07.2022*

*Received June 06, 2022;
Revised July 05, 2022;
Accepted July 14, 2022*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Фрумин Григорий Тевелевич, профессор, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории факультета географии Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

Негодина Евгения Сергеевна, аспирант Санкт-Петербургского филиала «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга), г. Санкт-Петербург, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Grigory T. Frumin, Professor, Doctor of Chemistry, Leading Researcher of the Research Laboratory of the Faculty of Geography of the Russian State Pedagogical University. A.I. Herzen, St. Petersburg, Russia

Evgenia S. Negodina, graduate student of the State Research Institute of Lake and River Fisheries (GosNIORKh), St. Petersburg, Russia



УДК 504.45 (470.325)
DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-624-634

Некоторые особенности использования родников (на примере Белгородской области)

Новых Л.Л., Раевская М.В., Орехова Г.А.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: novykh@bsu.edu.ru

Аннотация. Изучены типы использования родников в двух речных бассейнах на территории Белгородской области (Ворсклинский и Айдарский), которые значительно различаются по своим характеристикам. Рассмотрены типы использования родников, широко распространенные в ряде зарубежных стран, а также в некоторых регионах РФ. Установлено, что родники на территории исследуемых бассейнов значительно различаются по дебиту: на территории Ворсклинского бассейна высокодебитные родники отсутствуют, в то время как в Айдарском бассейне их доля достигает 20 %, поэтому увеличивается доля родников, используемых в рекреационных и культовых целях. В то же время вследствие различий в плотности населения родники Ворсклинского бассейна активнее используются в хозяйственно-питьевых целях.

Ключевые слова: родники, речные бассейны, типы использования родников, тектонико-литологические особенности территории, дебит, плотность населения

Для цитирования: Новых Л.Л., Раевская М.В., Орехова Г.А. 2022. Некоторые особенности использования родников (на примере Белгородской области). Региональные геосистемы, 46(4): 624–634. DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-4-624-634

Some Types of Spring Use (Belgorod Region)

Larisa L. Novykh, Maria V. Raevskaya, Galina A. Orekhova

Belgorod National Research University,
85 Pobeda St, Belgorod 308015, Russia
E-mail: novykh@bsu.edu.ru

Abstract. Types of spring use in the Vorskla river basin and the Aidarriver basin (the Belgorod region) are described. Types and regimes of spring use (from scientific sphere to drinkingwater supply) are connected with number of differences between two basins. The role of the springs in the Belgorod region is compared with ones in some other regions of the Russian Federation as well as with spring use in the world (for instance, European countries, East and Central Asia countries have different types of spring use). It is discussed that not only geocological characteristics of area of the river basin are important for spring use, but socio-economic characteristics also play crucial role. The investigation of springs in the Belgorod region shows that high-flow springs are located in the Aidarriver basin (about 20 % of all springs in the area), in contrast, there are no high-flow springs in the Vorsklariver basin. Thereby, usage of springs in the Aidarriverbasin, as objects for cult and recreation purposes, is more common than in the Vorsklariverbasin. At the same time, due to differences in population density, the springs of the Vorskla riverbasin are actively used for drinking purpose.

Keywords: springs, river basins, types of spring use, tectonic and lithologic features of the area, spring debit, population density

For citation: Novykh L.L., Raevskaya M.V., Orekhova G.A. 2022. Some Types of Spring Use (Belgorod Region). Regional Geosystems, 46(4): 624–634 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-4-624-634

Введение

Родники, важные элементы гидросферы, в настоящее время активно изучаются не только с позиции «точечных объектов» (анализ гидрологических параметров, определение химического состава природных вод, особенности использования конкретного источника), но и как части крупных природных комплексов, ландшафтов и экосистем в целом. Системный подход к изучению родников проявляется в бассейновой концепции, а также интегрирован с вопросами использования родников как особо охраняемых природных территорий.

Родники изучаются во многих регионах мира. Анализируя зарубежный опыт, можно выделить несколько направлений, связанных с описанием родников и их потенциальной значимостью для человека:

1. Исследование родников в рамках бассейнового подхода с акцентом на гидрологические характеристики [Gaglioti et al., 2017; Stevens et al., 2020].

2. Описание геолого-гидрологических особенностей формирования родников и определение химического состава природных вод в зависимости от химических особенностей пород, в том числе интенсивности вулканической деятельности [Szcucin'ska, 2016; Vishwakarma et al., 2018].

3. Рассмотрение родников как памятников природного наследия, в составе охраняемых территорий различного ранга, а также определение их формирующей роли для экосистем и экологического мониторинга [Cantonati et al., 2016; Power et al., 2018].

4. Изучение преимущественно родниковых вод по микробиологическим и физико-химическим показателям (санитарно-гигиеническая составляющая) с целью их дальнейшего использования для хозяйственно-питьевых нужд [Ibeneme et al., 2013; Bratovic, Gashi et al., 2018; Gerung et al., 2019; Petrinic, 2020].

5. Исследование родников как рекреационных и/или бальнеологических ресурсов, в том числе проявление особого интереса к термальным источникам [Serbulea, Paууappallimana, 2012; Komatsu et al., 2021].

Использование родников, и, как следствие, особенности их изучения часто продиктованы не только геоэкологическими, но и социокультурными особенностями регионов мира. Анализ особенностей использования родников в разных регионах мира, проведенный нами ранее [Новых, Раевская, 2022], показал, что хозяйственно-питьевое значение родников велико для стран Африки, Центральной и Восточной Азии, некоторых стран Восточной Европы. Во многих странах Западной Европы (Франция, Германия, Италия и др.), Канаде, Австралии на первое место выступают научная и природоохранная функции. В Австрии, Швейцарии, Японии лидируют работы по изучению рекреационных и бальнеологических возможностей источников.

В России сложно выделить ключевые типы использования родников в силу физико-географического, геоэкологического и социально-экономического разнообразия регионов. Например, в Алтайском крае рассматриваются такие направления использования родников, как водоохранное, научное, рекреационное, культовое [Архипова и др., 2020]. При этом приоритет остается за высокодебитными родниками (описываются их гидрологические режимы, пейзажная значимость, важность охраны). Родники в долинах крупных рек часто изучаются как маркеры экологического состояния окружающей среды [Лапина и др., 2014].

В ряде областей европейской части России представлены хозяйственно-питьевое, рекреационное, научное и культовое использование родников [Плевако и др., 2014; Соболева и др., 2020; Боева и др., 2022]. Аналогичные направления использования родников – хозяйственно-питьевое, рекреационное, культовое – были выделены нами ранее в Белгородской области.

Изучение природного разнообразия родников на территории Белгородской области и факторов, его обуславливающих [Орехова, Новых, 2017; Новых, Орехова, 2018], показало влияние тектонической неоднородности Воронежской антеклизы на выходы родников. В

связи с этим была высказана гипотеза, что природные особенности родников влияют на характер их использования, а так как родники в разных частях Белгородской области различаются, то и их применение также может иметь существенные отличия.

В настоящее время в практику природопользования все шире внедряется бассейновый подход, поэтому в качестве объектов изучения нами были взяты территории двух речных бассейнов, расположенных в западной и восточной частях области.

Целью нашего исследования являлось изучение характера использования родников в Ворсклинском и Айдарском речных бассейнах на территории Белгородской области для выявления присущих им особенностей.

Объекты и методы исследования

Согласно монографии [Лисецкий и др., 2013], на территории Белгородской области выделяют 9 крупных речных бассейнов (рис. 1). Все бассейны в области, кроме бассейна р. Оскол, представлены истоками рек. Объектами нашего исследования были родники, расположенные на территории Ворсклинского и Айдарского речных бассейнов. На рис. 1 территории изучаемых бассейнов выделены штриховкой.

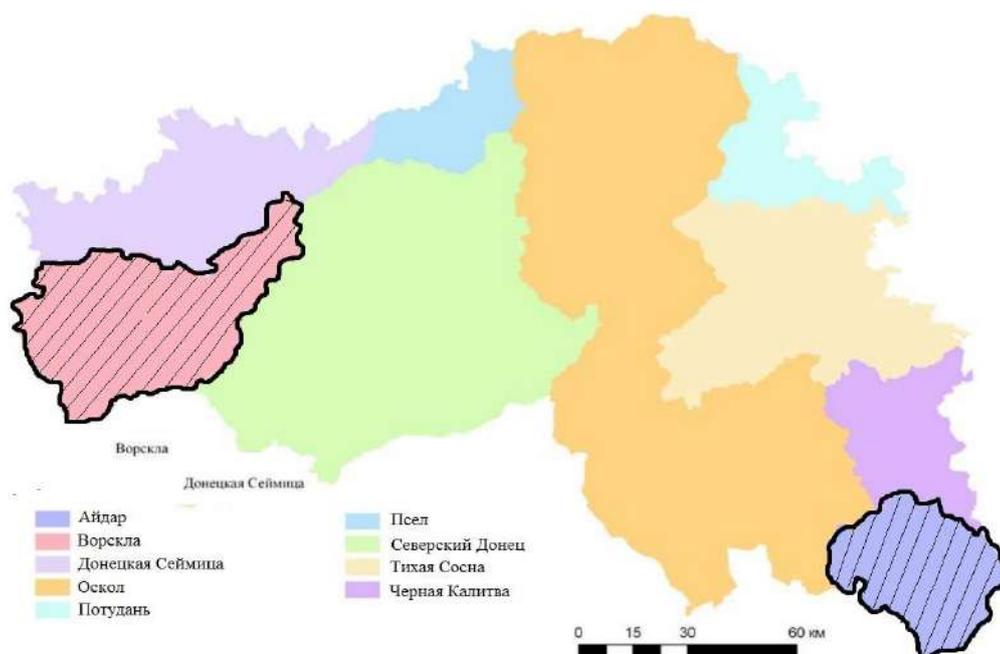


Рис. 1. Речные бассейны Белгородской области [Лисецкий и др., 2013]
(штриховкой выделены территории исследуемых бассейнов)
Fig. 1. River basins of the Belgorod region [Lisetsky et al., 2013]
(the areas of investigated basins are shaded)

Ворсклинский бассейн находится в западной части области. Река Ворскла – левый приток р. Днепр. Площадь бассейна в пределах области составляет около 2487 км². Общее направление течения реки – с северо-востока на юго-запад; территория находится в зоне лесостепи.

Река Айдар протекает в восточной части Белгородской области, является левым притоком р. Северский Донец. Площадь водосбора в пределах области – около 1400 км². Общее направление течения реки – с севера на юг. Бассейн находится в степной зоне.

В Ворсклинском бассейне нами было изучено 111 родников, в Айдарском – 45. Полевое обследование родников проводилось в 2018–2021 гг. Оно включало обновление паспорта родника, один из пунктов которого содержит информацию о типах и режиме использования родников.

Основные методы исследования: экспедиционный, опросный, описание, измерение, картографический, сравнительно-географический анализ. Большая часть исследованных родников изучалась нами ранее в 2004–2009 гг. и 2015–2016 гг., что позволяет рассматривать проведенные исследования как мониторинговые. Информация о типах и режимах использования родников была получена преимущественно опросным методом. При подготовке иллюстраций использованы программы ArcGIS и Excel.

Результаты и их обсуждение

Наглядное представление о размещении родников в Ворсклинском и Айдарском речных бассейнах и характере их использования дают картосхемы (рис. 2–3).

Анализ размещения родников показывает, что в обоих бассейнах большая часть из них «нанизаны» на реки. Действительно, родники часто служат одним из основных факторов формирования рек. Наибольшим количеством родников характеризуются долины рек Готня в бассейне Ворсклы и Лозовая в бассейне Айдара.

Рисунки позволяют предположить, что плотность родников в бассейне Ворсклы выше, чем в бассейне Айдара. Расчет показывает, что действительно в Ворсклинском бассейне эта величина составляет 0,044 шт./км², а в Айдарском – 0,032 шт./км², что в 1,4 раза ниже.

Под регулярным режимом использования родника мы понимаем его посещение населением от многократного ежедневного до нескольких раз в неделю, под нерегулярным (эпизодическим) – от 1–2 посещений в неделю до 1–2 раз в месяц. Если родник посещается реже, он отнесен нами к группе неиспользуемых.

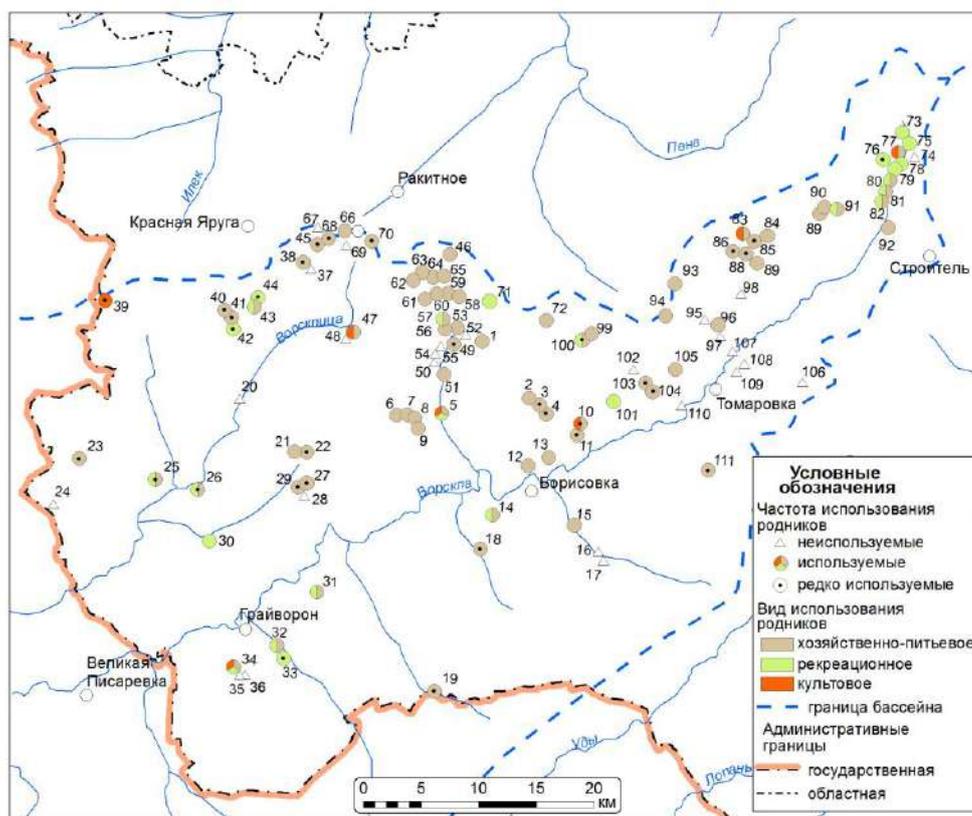


Рис. 2. Размещение родников в верхних reaches Ворсклинского бассейна и их использование
Fig. 2. Location of springs on the upper reaches of the Vorsklariver basin and spring use

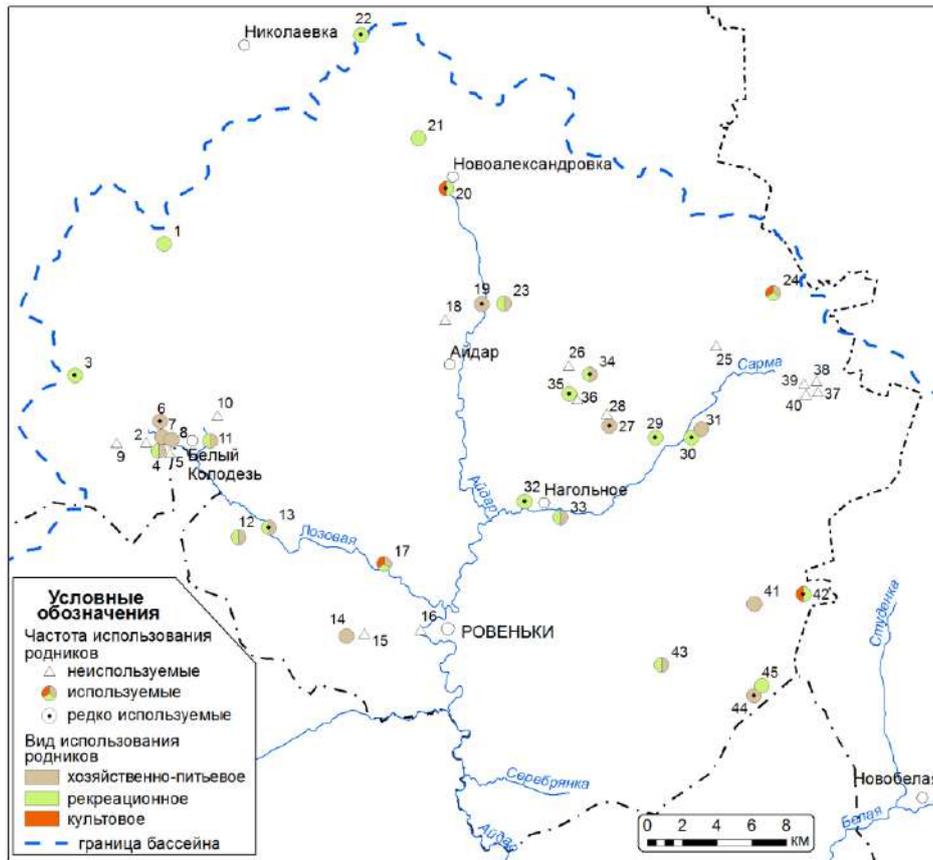


Рис. 3. Размещение родников в верховьях Айдарского бассейна и их использование
Fig. 3. Location of springs on the upper reaches of the Aidar river basin and spring use

Типы использования родников выделены нами в соответствии с устоявшимися представлениями для Белгородской области: хозяйственно-питьевое, рекреационное и культовое. Под рекреационным использованием понимается использование родников для отдыха, т. к. родники привлекают внимание и увеличивают рекреационную ценность пейзажа, вносят в него разнообразие. В перспективе повышению рекреационного использования родников должно способствовать их вовлечение в сеть особо охраняемых территорий. Однако проведенный нами анализ размещения и современного состояния родников Белгородской области, которые относят к уникальным геологическим объектам России, показал, что это – разнородная группа объектов, отличающихся типом водоносных пород и дебитом, и мало используемых населением [Novykh et al., 2022].

Культовое использование родников наблюдается там, где родники стали местом паломничества и проведения религиозных обрядов. Для полноценного выполнения такой функции родник должен быть оборудован религиозными атрибутами. В работах некоторых авторов [Архипова и др., 2020] выделяется такое направление целевого использования родников, как водоохранное, когда родник выступает регулятором гидрологических режимов и служит для разгрузки грунтовых вод. Полностью соглашаясь с водоохранной ролью родников, мы не считаем эту природную функцию целевым использованием родника.

На рис. 4 приведены диаграммы, иллюстрирующие режимы и типы использования родников исследуемых бассейнов. Для некоторых родников трудно определить преобладающее использование, т.к. объект одновременно применяется для разных целей. Доля родников с комплексным использованием в Ворсклинском и Айдарском речных бассейнах практически одинакова (рис. 4).

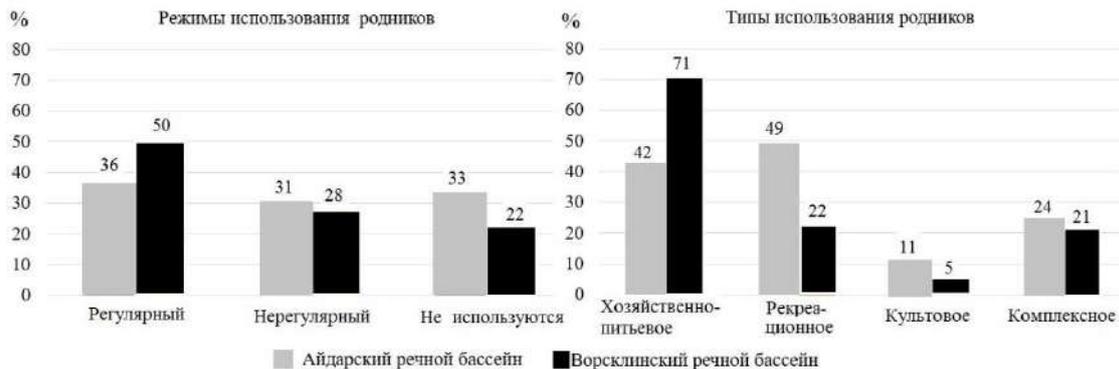


Рис. 4. Режимы и типы использования родников Ворсклинского и Айдарского речных бассейнов
Fig. 4. Regimes and types of springs use in the Vorsklariverbasin and the Aidarriverbasin

На рис. 5 представлены примеры родников, которые характеризуются комплексным использованием. Это родники Громобойный (Борисовский район) и Белая Криница (Ровеньский район). Как правило, данные объекты хорошо обустроены.

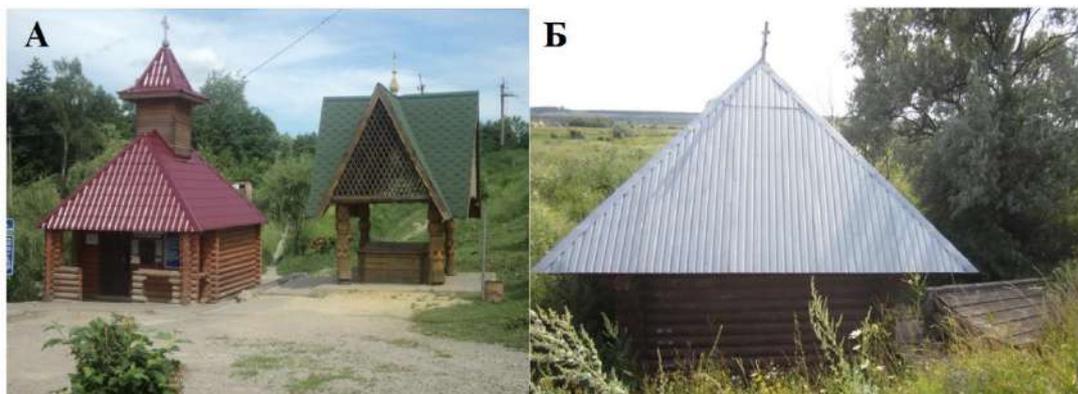


Рис. 5. Родники, активно используемые в культовых, рекреационных и хозяйственно-питьевых целях: А – Громобойный (Святой источник иконы Знамение Божией Матери, № 5 на рис. 2), Б – Белая Криница (Святой источник Белая Криница, № 17 на рис. 3)

Fig. 5. Springs which are used in cult, recreation purposes as well as for drinking water supply.

А – Gromoboiny (Holly spring of icon of Znamenie Bozhiej Materi, № 5 in fig.2),

В – Belaya Krinitca (Holly spring Belaya Krinitca, № 17 in fig.3)

О культовом использовании источников свидетельствуют как оформление родников, так и наличие религиозных гидронимов. В то же время данные родники используются и как места отдыха, и для отбора воды, что обусловлено их средним или высоким дебитом и размещением вблизи населенных пунктов: для родника Громобойный дебит составляет более 2 л/с, для Белой Криницы – около 17 л/с.

Сравнение информации для разных бассейнов показывает, что в Ворсклинском выше доля родников, используемых регулярно, и, соответственно, ниже доля родников, которые не используются. При этом значительно выше доля родников, используемых в хозяйственно-питьевых целях. Для объяснения выявленной закономерности достаточно посмотреть на карту плотности населения Белгородской области⁴. В Ворсклинском бассейне плотность значительно выше: здесь она составляет, в основном, от 38 до 53 чел./км² и лишь

⁴ Атлас: Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство. 2018. Белгород, 200 с.



в районе Грайворона снижается до 32–38 чел./км². Плотность населения в Айдарском бассейне – одна из самых низких в области, она равна 14–20 чел/км². В связи с этим большая часть родников в Ворсклинском бассейне регулярно используются для хозяйственно-питьевых целей.

Доля рекреационного и культового использования значительно выше у родников Айдарского бассейна. Это может быть связано с увеличением доли родников, вытекающих из меловых пород и имеющих более высокий дебит. Доля таких «меловых» родников на территории Ворсклинского речного бассейна в западной части области составляет 2 %, а в Айдарском бассейне возрастает до 67 %, что обусловлено большим вертикальным расчленением территории при приближении к сводовой части Воронежской антеклизы. Если родник едва сочится, это не привлекает население отдыхать у данного родника, затруднительно и набирать воду для проведения обрядов, тем более сооружать купель на таком роднике.

Различия в дебите родников исследуемых бассейнов можно было иллюстрировать средними значениями показателя, однако возникли затруднения: некоторые родники Айдарского бассейна, относящиеся к категории высокодебитных, имеют вид больших родниковых воронок, в которых точное значение дебита определить невозможно. Судя по размерам таких воронок, речь идет о десятках литров в секунду. Это, прежде всего, родник Истоки Айдара (№ 21 на карте, см. рис. 3). В связи с этим в таблице приведена доля родников с разным дебитом для исследованных бассейнов.

Таблица
Table

Доля родников с различным дебитом в бассейнах Ворсклы и Айдара
 Percentage of the springs with different debits in the Vorsklariver basin and the Aidarriver basin

Бассейн	Доля родников, %		
	Высокодебитные (более 10 л/с)	Среднедебитные (1-10 л/с)	Малодебитные (менее 1 л/с)
Ворсклинский	–	6	94
Айдарский	20	33	47

«Меловые» родники с высоким и средним дебитом являются украшением ландшафта, обеспечивают возможность сооружения купели, поэтому доля рекреационного и культового использования родников в Айдарском бассейне более чем в два раза выше, по сравнению с Ворсклинским (см. рис. 4).

Заключение

Вследствие физико-географического, геоэкологического и социально-экономического разнообразия регионов России в стране сложно выделить ключевые типы использования родников. В некоторых регионах, к которым относится и Белгородская область, вследствие разнообразия природных условий, в частности, тектонико-литологических особенностей, создаются неоднородные условия формирования родников, что приводит к различным направлениям их использования.

Установлено, что родники Ворсклинского бассейна, несмотря на преобладание малодебитных источников, активнее используются в хозяйственно-питьевых целях. Этот факт обусловлен различиями в плотности населения: в Айдарском бассейне она более чем в 2 раза ниже, по сравнению с Ворсклинским.

В то же время доля рекреационного и культового использования значительно выше у родников Айдарского бассейна, т.к. происходит увеличение доли источников, вытекающих из меловых пород и имеющих более высокий дебит, что обусловлено большим верти-

кальным расчленением территории при приближении к сводовой части Воронежской антеклизы. В Ворсклинском бассейне высокодебитные родники отсутствуют, максимальные величины дебита составляют около 5 л/с; в Айдарском бассейне встречаются родники с дебитом 14–17 л/с и даже несколько десятков литров в секунду.

Список литературы

- Архипова И.В., Заносова В.И., Платонова С.Г., Смирнов В.В. 2020. Особенности формирования, распространения и современное состояние родников Алтайского края. Барнаул, ООО «Пять плюс», 112 с.
- Боева А.С., Прожорина Т.И., Клепиков О.В., Щербинина С.В. 2022. Геоэкологическая оценка состояния родников на территории Воронежской области. Вестник ВГУ, Серия: География. Геоэкология, 1: 103–112. DOI: 10.17308/geo.2022.1/9091
- Лапина Е.Е., Ахметьева Н.П., Кудряхова В.В. 2014. Родники долины верхней Волги и ее притоков: условия формирования, режим, охрана. Тверь, ООО «Купол», 256 с.
- Лисецкий Ф.Н., Дегтярь А.В., Нарожная А.Г., Чепелев О.А., Кузьменко Я.В., Маринина О.А., Землякова А.В., Кириленко Ж.А., Самофалова О.М., Терехин Э.А., Украинский П.А. Бассейновый подход к организации природопользования в Белгородской области. Белгород, КОНСТАНТА, 88 с.
- Новых Л.Л., Орехова Г.А. 2018. Геоэкологические особенности формирования родников в верховьях бассейнов рек Северский Донец и Ворскла. В кн.: Эколого-географические исследования в речных бассейнах. Материалы 5 международной научно-практической конференции. Воронеж, 5–7 октября 2018. Воронеж, НАУКА-ЮНИПРЕСС: 220–224.
- Новых Л.Л., Раевская М.В. 2022. Основные подходы, некоторые особенности использования и изучения родников в мировой практике. В кн.: Природопользование: от истории к современности. Куражковские чтения. Материалы I Международной научно-практической конференции. Астрахань, 19–21 мая 2022. Астрахань, Астраханский государственный университет: 18–23.
- Орехова Г.А., Новых Л.Л. 2017. Природное разнообразие родников верховий бассейнов рек Северский Донец и Ворскла. Научные Ведомости Белгородского Государственного Университета. Серия: Естественные Науки, 18(267): 131–139.
- Плевако Л.С., Леонова А.Е., Зверева А.Ю., Анищенко Л.Н. 2014. Экологическое состояние родников (на примере Брянской области). Вестник Брянского государственного университета, 4: 155–160.
- Соболева О.А., Анищенко Л.Н., Щетинская О.С., Долганова М.В., Демихов В.Т. 2020. Эколого-химическая оценка родников городских и сельских поселений Нечерноземья РФ по данным мониторинга (Брянская область, 2012–2020 гг.). Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 12(5): 128–149. DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-128-149
- Bratovic A., Petrinic I. 2020. Quality Assessment and Health Safety of Natural Spring Water. Technologica Acta, 13(1): 33–40. DOI: 10.5281/zenodo.4059967.
- Cantonati M., Segadelli S., Ogata K., Tranc H., Sanders D., Gerecke R., Rott E., Filippini M., Gargini A., Celico F. 2016. A Global Review on Ambient Limestone-Precipitating Springs (LPS): Hydrogeological Setting, Ecology, and Conservation. Science of the Total Environment, 568: 624–637. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.02.105
- Gaglioti S., Infusino E., Caloiero T., Callegari G., Guagliardi I. 2017. Hydrochemical and Qualitative Assessment of Natural Water Spring in Southern Italy. European Water, 57: 399–405.
- Gashi F., Frančičković-Bilinski S., Bilinski H., Shala A., Troni N. 2018. Study of Chemical Characteristics and Pollution Assessment of Spring and Well Waters in a Part of the Istog Municipality (Kosovo). Sustainable Water Resources Management, 4(1): 213–232.
- Gurung A., Adhikari S., Chauhan R., Thakuri S., Nakarmi S., Rijal D., Dongol B.S. 2019. Assessment of Spring Water Quality in the Rural Watersheds of Western Nepal. Journal of Geoscience and Environment Protection, 7: 39–53. DOI: 10.4236/gep.2019.711004.
- Ibeneme S., Ukiwe L., Essien A., Nwagbara J.O., Nweze C.A., Chinemelu E.S., Ivonye C.A. 2013. Assessment of the Chemical Characteristics of a Spring Water Source at Ife-Owutu, Ezinihite-Mbaise, Southeastern Nigeria. American Journal of Engineering Research, 2(10): 282–290.



- Komatsu S., Okano O., Ueda A. 2021. Chemical and Isotopic (H, O, S, and Sr) Analyses of Groundwaters in a Non-Volcanic Region, Okayama Prefecture, Japan: Implications for Geothermal Exploration. *Geothermics*, 91: 102005. DOI: 10.1016/j.geothermics.2020.102005
- Novykh L.L., Zhunenko E.A., Novykh I.E., Belousova L.I., Kireeva-Genenko I.A. 2022. The Current State of Springs – Geological Monuments of Nature (Belgorod Oblast, Volokonovskiy District). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 949: 012100. DOI 10.1088/1755-1315/949/1/012100
- Power J.F., Carere C.R., Lee C., Wakerley G.L.J., Evans D.W., Button M., White D., Climo M.D., Hinze A.M., Morgan X.C., McDonald I.R., Cary S.C. Stott M.B. 2018. Microbial Biogeography of 925 Geothermal Springs in New Zealand. *Nature Communications*, 9(1): 2876. DOI: 10.1038/s41467-018-05020-y
- Serbulea M., Payyappallimana M. 2012. Onsen (Hot Springs) in Japan – Transforming Terrain into Healing Landscapes. *Health & Place*, 18(6): 1366–1373. DOI: 10.1016/j.healthplace.2012.06.020
- Stevens S.E., Jenness J., Ledbetter J.D. 2020. Springs and Springs-Dependent Taxa of the Colorado River Basin, Southwestern North America. *Geography, Ecology and Human Impacts*, 12(5): 1501. DOI: 10.3390/w12051501.
- Szczucin´ska, A. 2016. Spring Water Chemistry in a Formerly Glaciated Area of Western Poland: the Contribution of Natural and Anthropogenic Factors. *Environmental Earth Sciences*, 75(8): 712. DOI: 10.1007/s12665-016-5548-y.
- Vishwakarma C.A., Sen R., Singh N., Singh P., Rena V., Rina K., Mukherjee S. 2018. Geochemical Characterization and Controlling Factors of Chemical Composition of Spring Water in a Part of Eastern Himalaya. *Journal of the Geological Society of India*, 92(6): 753–763.

References

- Arkhipova A.V., Zanosova V.I. Platonova S.G., Smirnova V.V. 2020. Osobennosti formirovaniya, rasprostraneniya i sovremennoe sostoyanie rodnikov Altajskogo kraja [Features of the Formation, Distribution and Current State of the Springs of the Altai Region]. Barnaul, Publ. OOO «Pyat' plus», 112 p.
- Boeva A.S., Prozhorina T.I., Klepikov O.V., Shcherbinina S.V. 2022. Geoecological Assessment of the Springs Condition in the Voronezh Region. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, 1: 103–112. DOI: 10.17308/geo.2022.1/9091
- Lapina E.E., Ahmeteva N.P., Kudryahova V.V. 2014. Rodniki doliny verhnjej Volgi i ee pritokov: usloviya formirovaniya, rezhim, ohrana [Springs of the Upper Volga Valley and Its Tributaries: Conditions of Formation, Regime, Protection]. Tver, Publ. OOO «Kupol», 256 p.
- Lisetskii F.N., Degtyar A.V., Narozhnyaya A.G., Chepelev O.A., Kuzmenko Y.A., Marinina O.A., Zemlyakova A.V., Kirilenko Zh.A., Samofalova O.M., Terekhin E.A., Ukrainskiy P.A. 2013. Bassejnovyj podhod k organizacii prirodopol'zovaniya v Belgorodskoj oblasti [Basin Approach to Environmental Management in the Belgorod Region]. Belgorod, Publ. KONSTANTA, 88 p.
- Novykh L.L., Orekhova G.A. 2018. Geological Features of the Formation of Springs in the Upper Basins of the Rivers Seversky Donets and Vorskla. In: *Ekologo-geograficheskie issledovaniya v rechnyh bassejnakh* [Ecological and geographic researches of river basins]. Materials of 5 international scientific conference. Voronezh, 5–7 October, 2018. Voronezh, Publ. NAUKA-YUNIPRESS: 220–224 (in Russian).
- Novykh L.L., Raevskaya M.V. 2022. Key Approaches to the Spring Investigation in the World and Main Types of Spring Usage. In: *Prirodopol'zovanie: ot istorii k sovremennosti. Kurazhkovskie chteniya* [Environmental Management: from the Past to Nowadays. Kurazhkovsky Readings]. Materials of 1 international scientific conference. Astrakhan, 19–21 May 2022. Astrakhan, Publ. Astrakhanskiy gosudarstvennyy universitet: 18–23 (in Russian).
- Orekhova G.A., Novykh L.L. 2017. Natural Diversity of the Springs in the Upper Basins of the Seversky Donets and Vorskla Rivers. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences*, 18(40): 131–139 (in Russian).
- Plevako L.S., Leonova A.E., Zvereva A.Yu., Anishchenko L.N. 2014. The Ecological Condition of the Springs (Bryansk Region). *The Bryansk State University Herald*, 4: 155–160 (in Russian).

- Soboleva O.A., Anischenko L.N., Shchetinskaya O.S., Dolganova M.V., Demichov V.T. 2020. Assessment of the Ecological and Chemical State of Springs in Urban and Rural Settlements of the Bryansk Region Based on Monitoring Data for 2012–2020. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 12(5): 128–149 (in Russian). DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-128-149
- Bratovcic A., Petrinic I. 2020. Quality Assessment and Health Safety of Natural Spring Water. *Technologica Acta*, 13(1): 33–40. DOI: 10.5281/zenodo.4059967
- Cantonati M., Segadelli S., Ogata K., Tranc H., Sanders D., Gerecke R., Rott E., Filippini M., Gargini A., Celico F. 2016. A Global Review on Ambient Limestone-Precipitating Springs (LPS): Hydrogeological Setting, Ecology, and Conservation. *Science of the Total Environment*, 568: 624–637. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.02.105
- Gaglioti S., Infusino E., Caloiero T., Callegari G., Guagliardi I. 2017. Hydrochemical and Qualitative Assessment of Natural Water Spring in Southern Italy. *European Water*, 57: 399–405.
- Gashi F., Frančičković-Bilinski S., Bilinski H., Shala A., Troni N. 2018. Study of Chemical Characteristics and Pollution Assessment of Spring and Well Waters in a Part of the Istog Municipality (Kosovo). *Sustainable Water Resources Management*, 4(1): 213–232.
- Gurung A., Adhikari S., Chauhan R., Thakuri S., Nakarmi S., Rijal D., Dongol B.S. 2019. Assessment of Spring Water Quality in the Rural Watersheds of Western Nepal. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 7: 39–53. DOI: 10.4236/gep.2019.711004
- Ibeneme S., Ukiwe L., Essien A., Nwagbara J.O., Nweze C.A., Chinemelu E.S., Ivonye C.A. 2013. Assessment of the Chemical Characteristics of a Spring Water Source at Ife-Owutu, Ezinihite-Mbaise, Southeastern Nigeria. *American Journal of Engineering Research*, 2(10): 282–290.
- Komatsu S., Okano O., Ueda A. 2021. Chemical and Isotopic (H, O, S, and Sr) Analyses of Groundwaters in a Non-Volcanic Region, Okayama Prefecture, Japan: Implications for Geothermal Exploration. *Geothermics*, 91: 102005. DOI: 10.1016/j.geothermics.2020.102005
- Novykh L.L., Zhunenko E.A., Novykh I.E., Belousova L.I., Kireeva-Genenko I.A. 2022. The Current State of Springs – Geological Monuments of Nature (Belgorod Oblast, Volokonovskiy District). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 949: 012100. DOI 10.1088/1755-1315/949/1/012100
- Power J.F., Carere C.R., Lee C., Wakerley G.L.J., Evans D.W., Button M., White D., Climo M.D., Hinze A.M., Morgan X.C., McDonald I.R., Cary S.C. Stott M.B. 2018. Microbial Biogeography of 925 Geothermal Springs in New Zealand. *Nature Communications*, 9(1): 2876. DOI: 10.1038/s41467-018-05020-y
- Serbulea M., Payyappallimana M. 2012. Onsen (Hot Springs) in Japan – Transforming Terrain into Healing Landscapes. *Health & Place*, 18(6): 1366–1373. DOI: 10.1016/j.healthplace.2012.06.020
- Stevens S.E., Jenness J., Ledbetter J.D. 2020. Springs and Springs-Dependent Taxa of the Colorado River Basin, Southwestern North America. *Geography, Ecology and Human Impacts*, 12(5): 1501. DOI: 10.3390/w12051501.
- Szczucin'ska, A. 2016. Spring Water Chemistry in a Formerly Glaciated Area of Western Poland: the Contribution of Natural and Anthropogenic Factors. *Environmental Earth Sciences*, 75(8): 712. DOI: 10.1007/s12665-016-5548-y.
- Vishwakarma C.A., Sen R., Singh N., Singh P., Rena V., Rina K., Mukherjee S. 2018. Geochemical Characterization and Controlling Factors of Chemical Composition of Spring Water in a Part of Eastern Himalaya. *Journal of the Geological Society of India*, 92(6): 753–763.

Поступила в редакцию 07.11.2022;

поступила после рецензирования 30.11.2022;

принята к публикации 06.12.2022

Received November 07, 2022;

Revised November 30, 2022;

Accepted December 06, 2022

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Новых Лариса Леонидовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Раевская Мария Викторовна, аспирант кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Орехова Галина Александровна, заместитель начальника, управление образования администрации Яковлевского городского округа, Белгородская область, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Larisa L. Novykh, Candidate of Sciences in Biology, Associate Professor of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Maria V. Raevskaya, Post-graduate student of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of Institute of Earth Sciences of the Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Galina A. Orekhova, Deputy Head of the Department of Education of the Yakovlevsky City District Administration, Belgorod region, Russia