

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

REGIONAL GEOSYSTEMS

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2023. Том 47, № 2

16+

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

2023. Том 47, № 2

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 (25.00.00 – науки о Земле). 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

Голусов 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, инженер 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. 16,4. Дата выхода 30.06.2023. Оригинал-макет подготовлен отделом объединенной редакции научных журналов НИУ «БелГУ». Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

СОДЕРЖАНИЕ

- 175 **Зверева Н.А., Белозерцева И.А.**
Рекреационная трансформация почв восточного Приольхонья
- 192 **Соляной А.В.**
Применение геохимических коэффициентов для диагностики изменений условий формирования чернозема типичного в Воронежской области
- 205 **Демидионов М.Ю.**
Альтернативная энергетика стран БРИКС: компаративный анализ
- 217 **Тен Р.В., Яковенко Н.В.**
Социально-экономическая дифференциация развития муниципальных образований Воронежской области
- 226 **Чугунова Н.В., Полякова Т.А., Морковская Д.Н., Ткачев Е.В.**
Поляризация пространства староосвоенного региона как фактор «сжатия». На материалах Белгородской области
- 238 **Сергеева И.В., Мохонько Ю.М., Гусакова Н.Н., Андриянова Ю.М.**
Оценка природоохранной эффективности национального парка «Хвалынский» Саратовской области
- 252 **Губарева М.М., Даниленко Е.П.**
Ретроспектива создания и анализ использования некоторых памятников архитектуры города Белгорода
- 268 **Воскобойникова И.В., Ивонин В.М.**
Природоподобие агролесомелиоративных систем
- 282 **Безгодова О.В.**
Морфометрический анализ территории верховья р. Иркут
- 296 **Ливенец А.С.**
Комплексная оценка рисков наводнений в Еврейской автономной области
- 306 **Клепиков О.В., Епринцев С.А., Лунёва Е.А., Шекоян С.В.**
Геоинформационная оценка вероятного влияния естественной эманации радона на заболеваемость раком легкого
- 316 **Мануйлов А.А., Голеусов П.В.**
Технология ренатурирования техногенно нарушенных геосистем на примере меловых карьерно-отвалных геоконплексов

REGIONAL GEOSYSTEMS

2023. Volume 47, No. 2

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 (25.00.00 – Earth sciences). The journal is introduced in Russian Science Citation Index (PVIHL).

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 National Research University, Belgorod, Russia)

Issuing Editor

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

Responsible Secretary

Evgeniya Ya. Zelenskaya, Candidate of Geographical Sciences (Belgorod 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. Nedelcov, 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 16,4. Date of publishing 30.06.2023. 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

- 175 **Zvereva N.A., Belozertseva I.A.**
Recreation Soil Transformation of Eastern Priol'khon Region
- 192 **Solyanoi A.V.**
Application of Geochemical Coefficients for Diagnostics of Changes in the Conditions of Formation of Chernozem Typical in the Voronezh Region
- 205 **Demidionov M. Yu.**
Alternative Energy of the BRICS Countries: Comparative Analysis
- 217 **Ten R.V., Yakovenko N.V.**
Social and Economic Differentiation in the Development of Municipalities in the Voronezh Region
- 226 **Chugunova N.V., Polyakova T.A., Morkovskaya D.N., Tkachev E.V.**
Polarization of the Space of the Old-Developed Region as a Factor of "Compression"
- 238 **Sergeeva I.V., Mokhonko Yu.M., Gusakova N.N., Andriyanova Yu.M.**
Environmental Efficiency Evaluation of the Khvalynsky National Park Located in the Saratov Region
- 252 **Gubareva M.M., Danilenko E.P.**
Retrospective of the Creation and Analysis of the Use of Some Architectural Monuments of the City of Belgorod
- 268 **Voskoboynikova I.V., Ivonin V.M.**
Nature-Likeness of Agroforestry Reclamation Systems
- 282 **Bezgodova O.V.**
Morphometric Analysis of the Upper Irkut River Territory
- 296 **Livenets A.S.**
Comprehensive Assessment of Flood Risks in the Jewish Autonomous Region
- 306 **Klepikov O.V., Yepintsev S.A., Luneva E.A., Shekoyan S.V.**
Geoinformation Assessment Probable Effect of Natural Radon Emanation on the Incidence of Lung Cancer
- 316 **Manuylov A.A., Goleusov P.V.**
Technology of Renaturing Technogenically Disturbed Geosystems on the Example of Chalk Quarry-Dump Geocomplexes

УДК 631.4: 551.4 (519.3)
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-175-191

Рекреационная трансформация почв восточного Приольхонья

Зверева Н.А., Белозерцева И.А.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
Россия, 664033, Иркутск, Улан-Баторская, 1
E-mail: koffffein@mail.ru, belozia@mail.ru

Аннотация. В статье изложены особенности физико-географических и экологических условий формирования почв восточного Приольхонья, которые определяют степень их трансформации. Объектом исследования являются естественные и антропогенно нарушенные почвы побережья Малого моря и прилегающей территории. Основные ключевые участки зоны рекреационного воздействия расположены вдоль автодороги Тогот – Курма, от р. Хорги до р. Курмы. В ходе активно развивающейся рекреационной деятельности территории, использования организованных и неорганизованных туристических маршрутов возникает риск деградации почвенного покрова. Наиболее интенсивная рекреационная нагрузка приходится на береговую зону, где бесконтрольно строятся турбазы, разрастается сеть грунтовых дорог. Палаточный туризм оставляет за собой следы отдыха людей в виде свалок мусора, рубки деревьев и кустарников, остатков костровищ. На основе разработанных почвенно-геохимических принципов проведена оценка степени антропогенной трансформации почв восточного Приольхонья в зоне рекреационного воздействия. Составлена карта-схема трансформации почв. Наиболее трансформированные почвы, относящиеся к отряду органо-аккумулятивных, приурочены к южным склонам на легких породах под степной растительностью со значительной антропогенной нагрузкой, которые занимают около 4 % побережья района исследования. Локальное ухудшение физических свойств почв, накопление макро- микроэлементов, уменьшение содержания гумуса, увеличение степени опесчаненности и плотности почв побережья, а также дефицит основных элементов питания растений связаны с неконтролируемой рекреационной деятельностью.

Ключевые слова: рекреационная нагрузка, экологическое состояние почв, Прибайкальский национальный парк, западное побережье озера Байкал, восточное Приольхонье, Сарма, Курма

Благодарности: Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А21-121012190055-7 (№ FWEM-2021-0002)).

Для цитирования: Зверева Н.А., Белозерцева И.А. 2023. Рекреационная трансформация почв восточного Приольхонья. Региональные геосистемы, 47(2): 175–191. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-175-191

Recreation Soil Transformation of Eastern Priol'khon Region

Nadezhda A. Zvereva, Irina A. Belozertseva

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS,
1 Ulan-Batorskaya St, Irkutsk 664033, Russia
E-mail: koffffein@mail.ru, belozia@mail.ru

Abstract. The article outlines the peculiarities of the physical-geographical and ecological conditions for the formation of soils in the Eastern Priol'khonye. The object of the study is the natural and anthropogenic disturbed soils of the coast of the Small Sea and the adjacent territory. The main key areas of the recreational impact zone are located along the Togot-Kurma highway, from the Khorga river to the Kurma river. In the course of actively developing tourist and recreational activities of the territory and tourist routes of an organized and unorganized species, there is a risk of degradation of the soil cover. The most intense



recreational load falls on the coastal zone, where camp sites are being built uncontrollably, and a network of dirt roads is growing. Camping tourism leaves traces of people's recreation in the form of garbage dumps, felling of trees and shrubs, remains of fire pits. Based on the developed soil-geochemical principles, the degree of anthropogenic transformation of the soils of Eastern Priol'khon in the recreational impact zone was assessed. A map-scheme of soil transformation has been compiled. The most transformed soils belonging to the organic-accumulative department are confined to the southern slopes on light rocks under steppe vegetation with a significant anthropogenic load, which occupy about 4 % of the coast of the study area. Local deterioration of physical properties of soils, accumulation of macro- and microelements, decrease in humus content, increase in the degree of sandiness and density of coastal soils, as well as deficiency of basic elements of plant nutrition are associated with uncontrolled recreational activities.

Keywords: recreational load, ecological state of landscapes, Pribaikalsky National Park, the west coast of Lake Baikal, the Eastern Priol'khon Region, Sarma, Kurma

Acknowledgements: The study was carried out at the expense of a state assignment (No. State Registration of Topic AAAA-A21-121012190055-7 (No. FWEM-2021-0002)).

For citation: Zvereva N.A., Belozertseva I.A. 2023. Recreation Soil Transformation of Eastern Priol'khon Region. *Regional Geosystems*, 47(2): 175–191. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-175-191

Введение

Значительное количество работ посвящено почвам и почвенному покрову Прибайкалья [Николаев, 1949; Мартынов, 1965; Семенов и др., 2000; Данько, Снытко 2004, Кузьмин, 2004; Воробьева, 2010; Черкашина и др. 2015; Белозерцева и др., 2016; Козлова, 2016; Лопатовская, 2018; Знаменская и др. 2020; и др.]. Однако территория восточного Приольхонья в отношении исследований процессов трансформации почв и пространственной организации почвенного покрова остается недостаточно изученной. Проведено картографирование почв Иркутской области В.А. Кузьминым в масштабе 1:2 500 000 [Атлас Иркутской области, 2004], а также в масштабе 1:25 000 ключевого участка залива Куркут [Знаменская и др., 2020]. Составлена карта «Цели территориального развития» с учетом особенностей почвенного покрова [Кузьмин, Гагаринова, 2004], карта «Современное землепользование» [Калеп, 2004]. Почвенный покров ключевых участков территории был описан при изучении почв С.Б. Кузьминым [2011], И.А. Белозерцевой и др. [2019], Т.И. Знаменской и др. [2018, 2020], Н.А. Зверевой [2021]. Дана характеристика микроэлементного состава почв Приольхонья Л.Н. Семеновой [2002], ландшафтно-геохимические особенности о. Ольхон Ю.М. Семеновым и др. [2000]. Тем не менее имеется недостаток аналитических данных, характеризующих процессы трансформации почв Приольхонья.

Цель исследования – определение степени трансформации почв восточного Приольхонья в зоне рекреационного воздействия.

Приольхонье входит в состав Прибайкальского национального парка. Район исследования находится на западном побережье Байкала вдоль пролива Малое Море (от устья р. Кулчулги до д. Замы). Ключевые участки исследования расположены вдоль автодороги Тогот – Курма на рекреационной зоне, протяженностью 24 км, от р. Хорги до р. Курмы (рис. 1).

Воздействие водных масс Байкала и Приморского хребта, а также удаленное расположение территории исследования от морей и океанов образовали климатические особенности региона. В условиях резко континентального сухого климата, глубокорасчлененного рельефа и сильных сезонных ветров сформировались остепененные и степные ландшафты региона.

На восточном склоне Приморского хребта и в Приольхонье четко выделяется горная зональность ландшафтов от горных степей до кедрово-лиственничных редколесий и ерни-

ков [Атлас Иркутской области, 2004]. Основные ключевые районы, расположенные на побережье, входят в подтаежно-степной пояс, где светлохвойные сосновые и лиственничные леса прилегают к степным участкам.



Рис. 1. Основные ключевые площадки территории исследования, 2014–2022 гг.

Fig. 1. Main key sites of the study area, 2014–2022

Ежегодно увеличивается количество рекреационных объектов (турбаз, гостиниц, отелей) вдоль береговой линии, но по-прежнему самым массовым является автомобильный и палаточный туризм (от 25 до 40 тыс. туристов за сезон) [Экологически ..., 2004]. Развитие туризма в прибрежных районах повысило интерес к изучению проблем трансформации почвенного покрова. По результатам ранее проведенных исследований Т.И. Знаменской и др. [2018] выявлено, что почвенный покров залива Куркут сильно эродирован.

Исследованиям различных свойств антропогенно-измененных почв в зоне рекреационного воздействия посвящены работы [Карпачевский, 1981; Лазарева, 1992; Kissling et al., 2009; Павлова и др., 2013; Cole, 2013; Кузнецов и др., 2015; Знаменская и др., 2020 и др.]. В качестве индикаторов деградации почв и ландшафтов рекреационных территорий часто выбирают такие показатели как: плотность, структура, биохимическая активность почв, продуктивность наземной массы растительности, степень эродированности почвенного покрова и др. Опубликованные данные различных авторов о трансформации содержания гумуса в почвах с повышенной рекреационной нагрузкой разноречивы. Ряд исследователей утверждают, что в рекреационной зоне наблюдается увеличение содержания гумуса в почвах в 1,5–2 раза [Добрынин, 1990; Amrein et al., 2005 и др.], а другие – такое же снижение [Жевелева, Офицерова, 1985; и др.]. Использование в качестве индикатора деградации почв рекреационных зон реакции почвенной среды, по мнению некоторых ученых, также противоречиво. Некоторые авторы отмечают, что $pH_{водн}$ почв на территории со значительной рекреационной нагрузкой понижается в результате разрушения почвенного покрова и обнажения почвообразующих пород [Monti, Mackintosh, 1979]. Другие авторы утверждают, что на участках, интенсивно посещаемых туристами, наблюдаются более высокие значения реакции среды почв [Amrein et al., 2005; Cole, 2013]. Недостаточно изучен вопрос комплексных исследований трансформации свойств и вещественного состава почв рекреационных зон, а также их связи с сопутствующими изменениями растительности. По мнению Ивонина М.М. и Авдонина В.Е. [2000], для индикации степени рекреационного воздействия и ранней диагностики деградации почвенного покрова можно использовать уровни и тенденции изменений физико-химических параметров почв.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – почвы восточного Приольхонья. Основные репрезентативные ключевые районы расположены на туристических тропах и стоянках, базах отдыха (от р. Хорги до р. Курмы). Дополнительные районы для сравнительной характеристики расположены вдоль побережья Малого моря от устья р. Кучулги до оз. Зама. Почвенный покров основных исследуемых районов представлен следующими типами почв: подзолы, дерново-подзолы, торфяно-подзолы, дерново-подзолистые, черноземы, серые, каштановые, темногумусовые, серогумусовые, аллювиальные торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые, аллювиальные гумусовые и темногумусовые, карболитоземы темногумусовые, стратоземы, псаммоземы, слоисто-аллювиальные (гумусовые) почвы и их антропогенные аналоги. Под лесной растительностью распространены дерново-подзолистые, под луговой и лугово-болотной – аллювиальные торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые, под степной – темногумусовые и серогумусовые почвы. В 2013–2022 гг. проведены почвенно-геохимические исследования в восточном Приольхонье. Заложено более 100 почвенных разрезов, отобрано более 250 проб почв и пород. Плотность почв определена методом режущего кольца. Физико-химические анализы проведены в ХАЦ ИГ СО РАН, согласно общепринятым методам [Агрохимические..., 1975; Аринушкина, 1970; Теория и практика ..., 2006]. Актуальная кислотность почвы (рН) установлена в водной вытяжке потенциометрическим методом. Концентрация тяжелых металлов определена количественным спектральным методом на атомно-эмиссионном спектрометре. Содержание гумуса – по концентрации органического углерода методом Тюрина. Концентрация нитратного азота – дисульфифеноловым методом. Определение подвижных соединений фосфора и калия – методами Кирсанова (для бескарбонатных почв) и Мачигина (для карбонатных почв). Гранулометрический состав почв – по Качинскому.

Оценка экологического состояния почв строится на совместном изучении показателей, характеризующих как почвенное плодородие, так и ее загрязнение. Из определяемых загрязняющих химических элементов к первому классу опасности относятся – Рb, Zn, ко второму – Co, Ni, Cu, Cr, к третьему – Ba, Mn, V [ГОСТ 17.4.1.02-83]. Известно, что плотность почвы увеличивается под воздействием хозяйственной деятельности человека. Показатели гумусного состояния и гранулометрического состава почв относятся к числу консервативных свойств, формирующихся в течение длительного времени и столь же долго сохраняющихся. Однако воздействие человека на почвы становится настолько интенсивным, что происходит изменение устойчивых свойств [Гришина, Орлова, 1978].

К основным элементам питания растений относятся: аммиачный и нитратный азот (NH_4^+ , NO_3^-), подвижные соединения калия и фосфора (K_2O , P_2O_5) [Агрохимические..., 1975]. Накопление нитратов в почве свидетельствует о ее хорошем «санитарном» состоянии: те же величины рН, те же концентрации и состав почвенного раствора, степень аэрации, влажность и температура, которые благоприятны для большинства растений, способствуют и процессу нитрификации. В литературе имеются различные шкалы оценки содержания гумуса и основных элементов питания растений, например, (табл. 1) [Агрохимическая..., 2009].

Таблица 1
Table 1Группировка почв по содержанию гумуса, нитратов, подвижного фосфора и калия [Агрохимическая..., 2009]
Soil grouping by content of humus, nitrates, mobile phosphorus and potassium [Agrochemical..., 2009]

Показатели	Фосфор (по Кирсанову)	Калий (по Мачигину)	Нитраты	Содержание гумуса (по методу Тюрина)
	мг/кг			%
Очень низкое	< 25	< 100	< 4	0–2
Низкое	26–50	101–200	4–8	2,1–4,0
Среднее	51–100	201–300	8–15	4,1–6,0
Выше среднего	101–150	301–400	15–20	6,1–8,0
Высокое	151–250	401–600	20–25	8,1–10,0
Очень высокое	> 250	> 600	> 25	> 10

Результаты и их обсуждение

Рассмотрим физико-химические свойства почв исследуемой территории. Преимущественная часть почв побережья Байкала в восточном Приольхонье сформирована на склонах. Они маломощные, с большим содержанием дресвы и щебня пород с легким гранулометрическим составом. Они характеризуются высоким содержанием гумуса в верхних горизонтах и резким убыванием его с глубиной. Установлено, что реакция среды темногумусовых почв на побережье Байкала в основном близкая к нейтральной по всему профилю (от 6,1 до 7,3), иногда слабощелочная и щелочная (от 7,5 до 8,9) в месте обнажений карбонатных пород. Почвы под степной растительностью нейтральные, слабощелочные и щелочные с $pH_{водн}$ от 7,5 до 9,8 (серогумусовая, карболитоземы темногумусовые и др.). Почвы под луговой и лесной растительностью преимущественно нейтральной реакции, иногда слабокислые и кислые (до 4,5 в аллювиальной торфяно-глеевой и торфяно-подзоле), слабощелочные (до 7,6 в аллювиальной перегнойно-глеевой иловато-перегнойной). В некоторых случаях нижние горизонты аллювиальной перегнойно-глеевой иловато-перегнойной и темногумусовой, а также верхние горизонты серой и аллювиальной торфяно-глеевой имеют близкую к нейтральной реакцию среды. Органогенные горизонты аллювиальных почв имеют включения аллювиальных карбонатных отложений, подщелачивающие их. Почвы под степями и лугами имеют высокое содержание гумуса (в темногумусовой почве до 15 %). Иногда в темногумусовых почвах наблюдаются погребенные гумусовые горизонты с немного большим содержанием органического углерода (от 4 % $C_{орг}$), чем в вышележащих горизонтах (от 3,6 % $C_{орг}$). В погребенных органических горизонтах перегнойно-глеевых почв содержание органического вещества (от 65 % ППП (потери при прокаливании)) также больше, чем в позднее сформированных горизонтах (от 56 %). Дерновые горизонты почв под лесной растительностью имеют более повышенные его значения (до 18 %). Высокие значения гумуса (до 25 %) в аллювиальных почвах дают слаборазложившиеся органические остатки, при ППП 39–88 %. Для почв степных ландшафтов выявлена закономерность уменьшения содержания гумуса по мере приближения к рекреационной зоне от фоновой территории более чем в 2 раза. Сравнение проводилось для однотипных почв.

Почвы территории исследования в основном супесчаные, легкосуглинистые с преобладанием фракции песка. Иногда встречаются среднесуглинистые почвы. Фракция физической глины изменяется от 10 % до 26 %. Минеральные горизонты почв в основном рыхлые с включениями дресвы и щебня.

Согласно проведенным почвенно-геохимическим исследованиям, в качестве индикаторов трансформации почв на территории восточного Приольхонья могут быть использованы их следующие показатели (с ответной реакцией на рекреационную нагрузку): суммарный показатель загрязнения (по концентрации ТМ), содержание гумуса, плотность, содержание основных элементов питания растений. Показатель содержания гумуса, как уже



упоминалось, и в нашем случае показал себя противоречиво, и может быть использован только для почв степных ландшафтов. Луговые ландшафты кроме рекреационного воздействия, подвергаются пастбищному влиянию и периодически унавоживаются. Органические остатки жизнедеятельности животных дают повышенные значения содержания гумуса.

Исходя из полученных результатов составлена шкала оценки степени трансформации почв рекреационной зоны (табл. 2). Шкала имеет следующий вид: < 10 баллов – низкая степень; 10–12 баллов – средняя степень; > 12 баллов – сильная степень трансформации почв.

По каждому диагностическому показателю степень трансформации почв характеризуется тремя уровнями: 1 – низкая; 2 – средняя; 3 – сильная.

Таблица 2
Table 2

Шкала для балльной оценки трансформации почв в зоне рекреационного воздействия
(на примере восточного Приольхонья)
Scale for assessment of soil transformation in the zone of recreational impact
(on the example of Eastern Priol'khonye)

Индикаторные показатели													К, ΣБ	К, ΣБ***		
Интенсивность загрязнения		Содержание гумуса		Плотность почв		Оп		Содержание основных элементов питания растений								
Zc	К, Б	%	К, Б	г/см ³	К, Б	%	Б	NO ₃ ⁻		P ₂ O ₅		K ₂ O			К, СрΣБ	
								млн ⁻¹	Б	млн ⁻¹	Б	млн ⁻¹	Б			
< 3	Чистая и слабая 1 балла	8,1–10	Высокое 1	1–1,2	Допустимая 1	0–15	1	21–25	1	151– 250	1	401– 600	1	Высокое 1	Низкая < 10	Низкая > 7
3–10	Умеренная 2 балла	4,1–8	Среднее 2	0,4–1,0* 1,2– 1,3**	Средняя 2	16– 29	2	20–9	2	51– 150	2	201– 400	2	Среднее 2	Средняя 10–12	Средняя 9–7
> 10	Сильная 3 балла	0–4	Низкое 3	< 0,4* > 1,3**	Высокая 3	> 30	3	< 8	3	< 50	3	< 200	3	Низкое 3	Сильная > 12	Сильная > 9

Примечание. Zc – суммарный показатель загрязнения; К – категория; Б – балл; Оп – опесчанивание (уменьшение содержания фракции < 0,01 мм); * для луговых почв; ** для степных почв; СрΣБ – усредненный балл; ΣБ – интегральный показатель степени трансформации почв (сумма баллов); ΣБ*** – интегральный показатель степени трансформации почв без учета Сорг (сумма баллов).

Индекс суммарного загрязнения исследуемых элементов Zc рассчитан по методике [Саеи и др., 1990] в авторской модификации. Шкала загрязнения отредактирована с учетом легкой ранимости и уникальности ландшафтов побережья Байкала, низких фоновых значений химических элементов в компонентах геосистем. Интервалы интенсивности загрязнения приняли по Добровольскому [1997]. В качестве фоновых для расчета Кс в Zc использованы наиболее распространенные почвы – темногоумусовые. Фоновые содержания химических элементов в почвах приняты в расчет по [Гребенщикова и др., 2008]. Показатель содержания основных элементов питания растений усредняется (среднее из суммы баллов по NO₃⁻, P₂O₅, K₂O). Сумма баллов всех индикаторов дает представление о степени трансформации почв, как совокупный показатель продвинутости процесса в настоящее время.

По предложенной схеме проведена оценка трансформации почв ключевых участков восточного Приольхонья, в баллах (табл. 3).

На основании полученных данных составлена картосхема трансформации почв восточного Приольхонья (рис. 2).

Таблица 3
Table 3

Степень трансформации верхних горизонтов почв некоторых ключевых участков восточного Приольхонья
The degree of transformation of the upper soil horizons of some key areas of the Eastern Priol'khon Region

Местоположение	№ площадки, почва	Горизонт	Индикаторные показатели											ΣБ	К	ΣБ	К***	
			Содержание гумуса		Плотность почв		Оп		Содержание осн. эл-тов питания растений				Загрязнение					
			%, ППП*	Б	ρ, г/см ³	Б	%	K ₂ O	P ₂ O ₅	NO ₃ ⁻	SrΣ	B	Zc					B
Руч. Ланинский, древние железоплавильни и городище, туристическая стоянка	11, агро-урбокаштановая	AJ	4,8	2	0,50	2	20	2	150	5	0,03	3	12,6	3	12	Средняя	10	Сильная
Предгорный склон Приморского хребта, туристическая стоянка по тропе «Ланинская».	12, темногумусовая	AU	6,4	2	0,90	2	12	1	123	7	0,64	3	10,8	3	11	Средняя	9	Средняя
Дельта р. Сарма с левого борта в 40 м от уреза воды оз. Байкал. Прибрежная рекреационная зона	31, аллювиальная торфяно-глеявая торфяно-минеральная	T	88,2*	1	0,41	2	31	3	120	112	0,67	3	2,3	1	8	Средняя	7	Средняя
Дельта р. Сармы в 1 км от дороги и 200 м от уреза воды в оз. Байкал, рекреационная зона 500 м к северо-западу от д. Сарма.	32, аллювиальная перегнойно-глеявая иловато-перегнойная	Tmg	59,2*	1	0,68	2	34	3	102	18	0,84	3	1,7	1	8	Средняя	7	Средняя
Малая рекреационная нагрузка	61, темногумусовая	AU	9,9	1	0,94	2	17	2	28	3	0,89	3	1,2	1	7	Средняя	6	Низкая
По профилю от Сарминского гольца до оз. Байкал, побережье, комплекс турбаз	62, серогумусовая	AU	0,8	3	0,69	2	36	3	250	5	0,62	3	5,8	2	13	Сильная	10	Сильная
Южный склон к долине р. Сарма	55, темногумусовая	AU	7,9	2	0,68	2	21	2	69	9	2,49	3	1,2	1	10	Средняя	8	Средняя
За стационаром ИГУ, пойма р. Сарма, побережье Байкала	60, аллювиальная торфяно-глеявая торфяно-минеральная	Tmg	46,6*	1	0,45	2	19	2	50	8	0,90	3	1,2	1	9	Низкая	6	Низкая
Около стационара ИГУ, долина р. Сарма	58, чернозем глинисто-иллювиальный	AU	12,8	1	0,61	2	16	2	53	347	2,98	2	1,1	1	8	Средняя	7	Средняя
Пойма р. Сарма, «гранатовое» ущелье, туристическая стоянка	59, аллювиальная торфяно-глеявая	T	89,2*	1	0,52	2	23	2	125	8	0,76	3	0,0	1	9	Средняя	8	Средняя

Окончание таблицы 3
End of table 3

Правый берег р. Сарма, присклоновая поверхность	42, аллювиальная темногумусовая	AU	12,1	1	1,11	1	12	1	715	77	0,74	2	0,0	1	6	Низкая	5	Низкая
Долина р. Сарма, 20 м от берега, туристическая тропа	43, аллювиальная торфяно-глебовая торфяно-минеральная	T	65,3*	1	0,32	3	23	3	115	4	1,07	3	1,5	1	11	Средняя	10	Сильная
Сарминское ущелье, присклоновая поверхность, туристическая стоянка	68, каштановая	AJ	8,0	2	1,03	1	26	2	92	8	2,95	3	1,2	1	9	Средняя	7	Средняя
Курминская туристическая тропа	681, торфяно-подзол	T	44,4*	1	0,34	3	17	2	42	9	0,90	3	0,0	1	10	Средняя	9	Средняя
Склон к долине р. Курма	67, дерново-подзол	AU	13,4	1	0,96	1	23	2	41	9	4,20	3	1,8	1	8	Низкая	7	Средняя
Побережье Байкала за д. Курма	124, дерново-подзолистая	AU	9,0	1	0,99	1	0	1	167	123	0,1	2	1,7	1	6	Низкая	5	Низкая
Курминская губа, около озера	134, аллювиальная перегнойно-глебовая иловато-перегнойная	Hmg	39,0*	1	0,43	2	32	3	56	3	0,6	3	2,6	1	10	Средняя	9	Средняя
Хужир-Нутайский залив, турбазы	137, темногумусовая	AU	6,0	2	0,78	2	31	3	316	5	3,2	3	3,4	2	12	Средняя	10	Сильная
Устье р. Хорга, турбаза	138, слоисто-аллювиальная	AU**	3,6	2	0,59	2	34	3	118	43	1,0	3	2,7	2	12	Средняя	10	Сильная
Устье р. Курма, турбаза	139, слоисто-аллювиальная	AU**	1,2	3	0,88	2	36	3	108	6	8,6	3	1,5	1	12	Средняя	9	Средняя
Хужир-Нутайский залив, пастбище	141, темногумусовая	AU	8,9	1	0,90	2	31	3	228	321	3,6	2	1,0	1	9	Низкая	8	Средняя
Мыс Шидла	142, темногумусовая	AU	8,0	2	0,88	2	36	3	190	118	18,5	2	3,3	2	11	Средняя	9	Средняя
Перед Курминской косой	146, темногумусовые	AU	12,0	1	1,08	1	14	1	290	195	6,0	1	2,1	1	5	Низкая	4	Низкая
Курминский залив	147, аллювиальная перегнойно-глебовая	H	18,5	1	0,46	2	15	1	325	202	8,8	1	2,6	1	6	Низкая	5	Низкая
д. Курма, рекреационная зона	150, староем темногумусовый	RU	6,0	2	0,90	2	33	3	111	26	3,3	3	2,9	1	11	Средняя	9	Средняя
Пойма р. Курма	152, аллювиальная гумусовая	AU	13,9	1	0,75	2	24	2	100	50	8,1	3	2,4	1	9	Средняя	8	Средняя
д. Курма, крутой склон к оз. Байкал, рекреационная зона	153, псаммомем гумусовый	W	3,8	3	0,66	2	37	3	71	2	1,2	3	1,6	1	12	Сильная	9	Средняя

Примечание. Zс – суммарный показатель загрязнения; Б – балл; Оп – опесчанание (уменьшение содержания фракции < 0,01 мм); СрЗБ – усредненный балл; ΣБ – сумма баллов; ΣБ** – сумма баллов без учета Сорг; ППП* – потери при прокаливании; К – степень трансформации почв; К** – степень трансформации почв без учета Сорг.

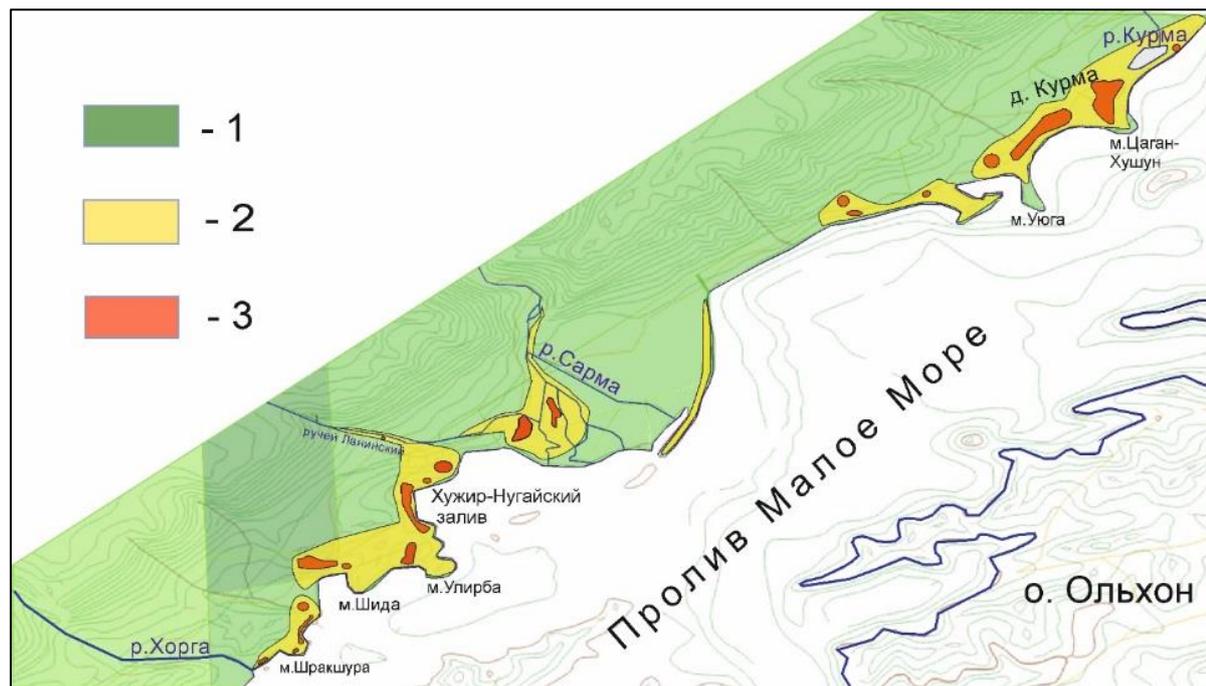


Рис. 2. Трансформация почв восточного Приольхонья
(степень трансформации: 1 – слабая, 2 – средняя, 3 – сильная)
Fig. 2. Soil transformation of Eastern Priol'khonye
(degree of transformation: 1 – weak, 2 – medium, 3 – strong)

Сильная стадия трансформации почв выявлена в районе н.п. Шида, Сарма, Курма, на побережье заливов Хагдан-Далай, Хужир-Нугайский и Шида, мыса Шида, в устье рек Хорги и Курмы, которая занимает менее 1 % площади территории исследования (профиль от побережья Байкала до гольцов). Если рассматривать только побережье Малого моря площадь сильно трансформированных почв составляет около 4 %. Установлена опасная категория загрязнения почв в д. Сарме и на туристической тропе «Ланинская».

Средняя стадия трансформации почв зафиксирована около населенных пунктов, турбаз, палаточных стоянок, вдоль туристических троп и дорог. Их площадь на побережье Малого моря составляет около 27 %. Слабая степень трансформации почв отмечена на большей части территории исследования.

Щелочная и слабощелочная реакция некоторых горизонтов почв, повышенное содержание гумуса в них являются геохимическими барьерами для тяжелых металлов. Выявлена высокая концентрация ТМ в почвах под степной растительностью на побережье, а также на остепненных участках предгорья в рекреационной зоне по сравнению с почвами среднегорья с низкой туристической посещаемостью.

Обнаружена концентрация Cu, Co, Zn, Ni, Pb и Mn, превышающая санитарно-гигиенические нормы (ПДК для Mn и Co, ОДК для остальных элементов) [СанПиН 1.2.3685-21], в почвах д. Сармы, комплекса турбаз в заливе Хужир-Нугайский, туристических стоянок и троп (с подъездом автотранспорта) вдоль Ланинского ручья и древнего городища (рис. 3, 4). Концентрации Zn в почвах туристических троп и автостоянок превышают санитарно-гигиенические нормы в 1,5–2 раза, Cu – 1,1–8 раз, Co – 1,2 раза, Ni – 2–15 раз, Pb – 1,1–1,9 раза, Mn – 1,1–1,7 раза.

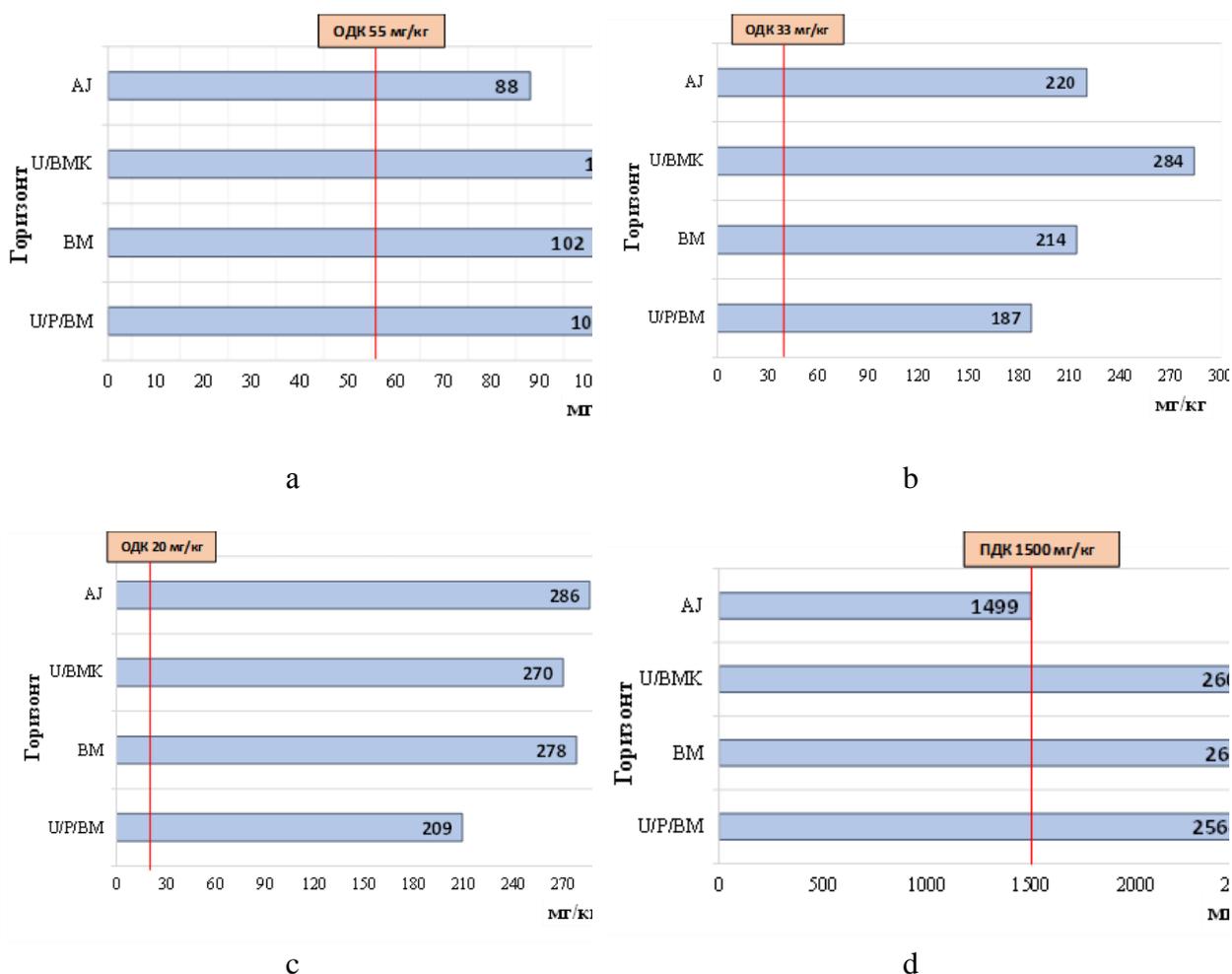


Рис. 3. Содержание: а) Zn, б) Cu, в) Ni, г) Mn в агроурбокаштановой почве, начало туристической тропы по р. Ланинский, мг/кг
 Fig. 3. Content of а) Zn, б) Cu, в) Ni, г) Mn in Anthrosols, start of tourist trail along Laninsky creek, mg/kg

В аллювиальных почвах луговых и лугово-болотных ландшафтов побережья Малого моря, а также в темногумусовой и серой почвах присклоновой поверхности с низкой рекреационной нагрузкой больших концентраций ТМ, превышающих ОДК, не выявлено (рис. 5, 6). Данные территории являются менее доступными для автотранспорта, они находятся в удовлетворительном экологическом состоянии.

Установлена корреляционная связь между содержанием ТМ и гумуса в почве (сильная связь для Mn, Ba, Cu, V, Pb; средняя – Co, Zn; слабая – Cr). Выявлена слабая корреляционная зависимость между содержанием ТМ и фракцией физической глины. Средняя корреляционная связь – между реакцией почв и концентрацией Cr, слабая – с Zn, Ni и Cu (табл. 3).

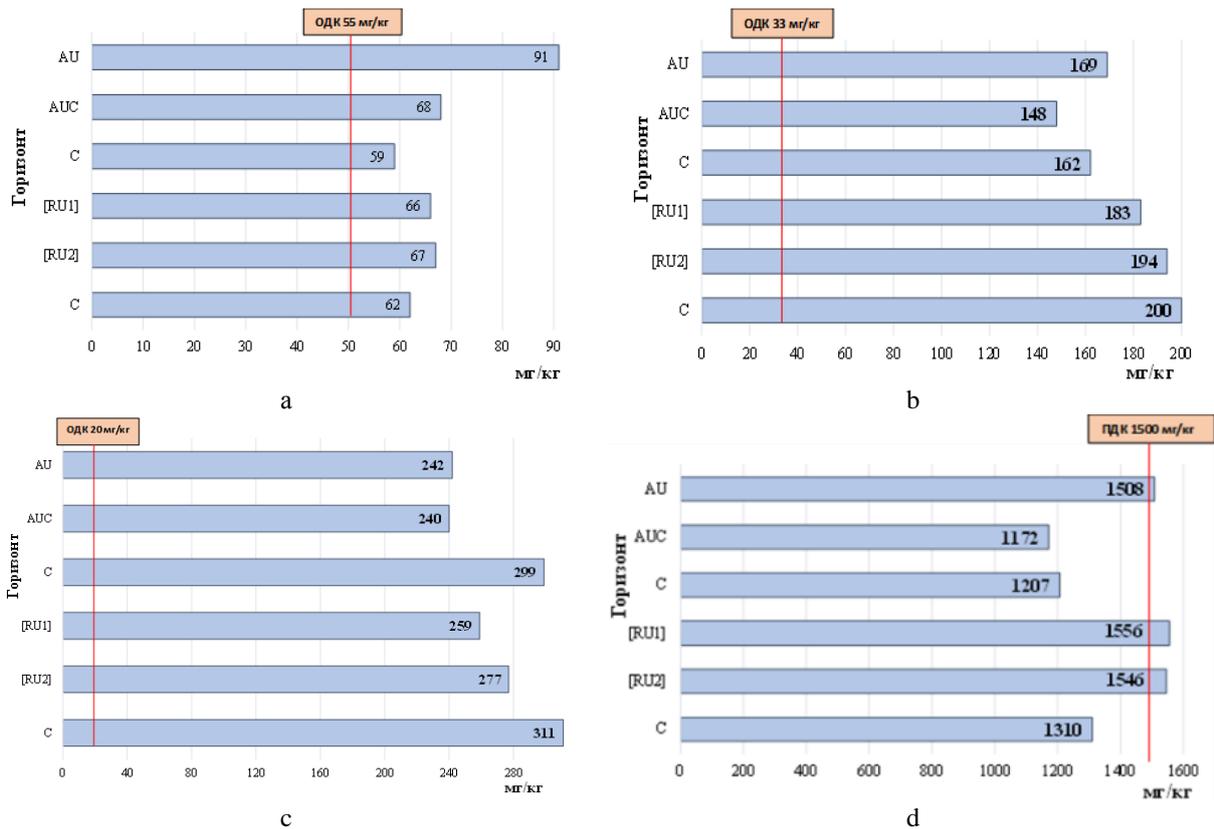


Рис. 4. Содержание: а) Zn, б) Cu, в) Ni, г) Mn в темногумусовой почве с погребенными гумусовыми горизонтами, туристическая стоянка на тропе по р. Ланинский, мг/кг
 Fig. 4. Content of: a) Zn, b) Cu, c) Ni, d) Mn in Umbrisols, tourist parking on the Laninsky Creek trail, mg/kg

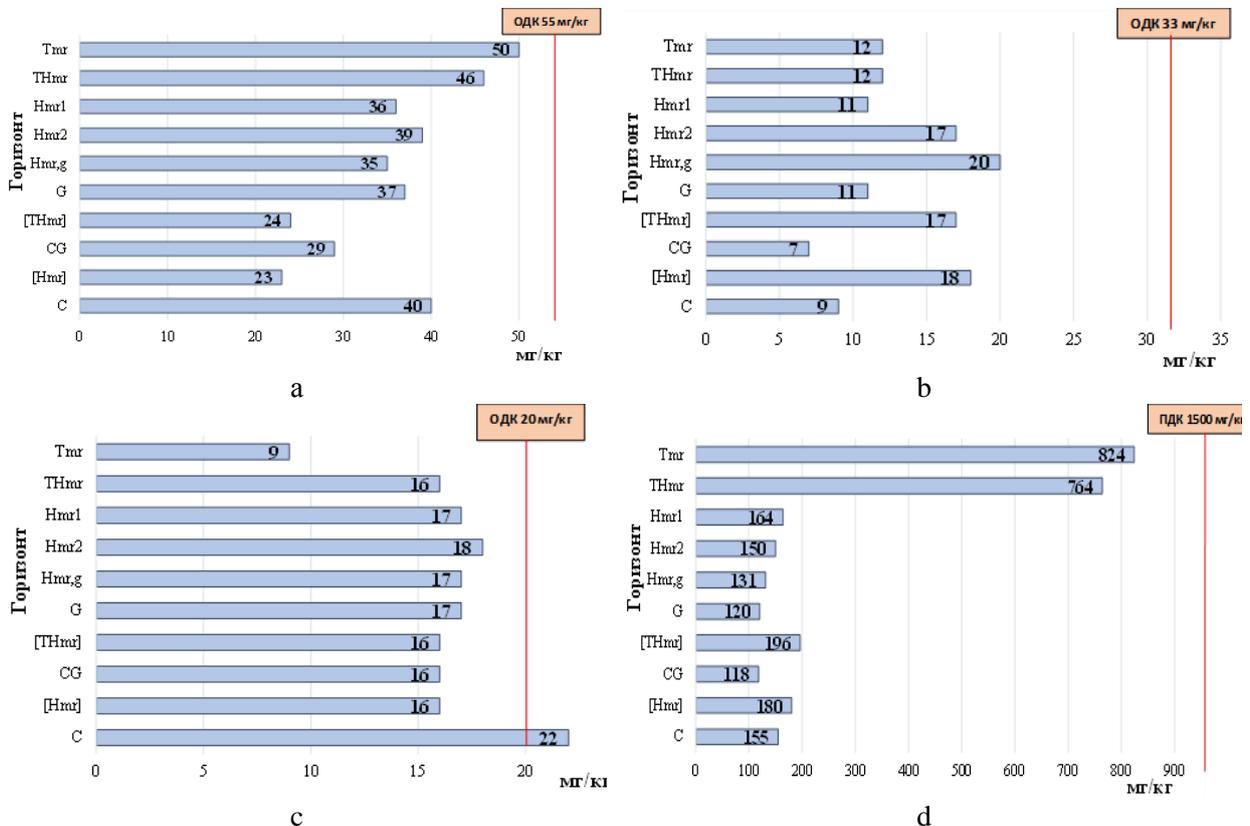


Рис. 5. Содержание: а) Zn, б) Cu, в) Ni, г) Mn в аллювиальной торфяно-глеевой торфяно-минеральной почве, пойма р. Сармы, побережье оз. Байкал
 Fig. 5. Content of: a) Zn, b) Cu, c) Ni, d) Mn in Fluvisols, floodplain of Sarma River, coast of Lake Baikal

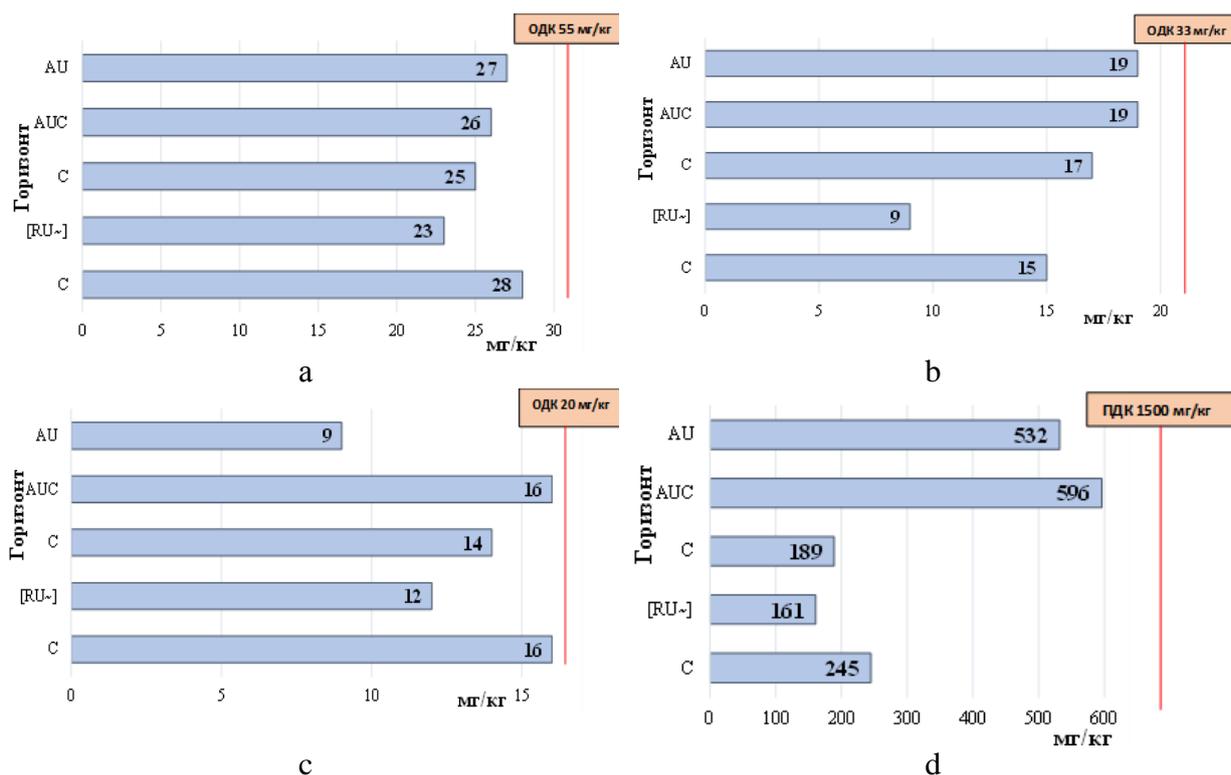


Рис. 6. Содержание: а) Zn, б) Cu, в) Ni, г) Mn в темногоумусовой почве с погребенными гумусовыми горизонтами, уступ предгорного делювиального склона Приморского хребта, в 500 м к северо-западу от д. Сарма, мг/кг
Fig. 6. Content of: a) Zn, b) Cu, c) Ni, d) Mn in Umbrisols, ledge of the foothill deluvial slope of the Primorsky ridge, 500 m northwest of the village Sarma mg/kg

Таблица 3
Table 3

Коэффициенты корреляции между концентрациями загрязняющих элементов и показателями физико-химических свойств почв
Correlation coefficients between pollutant concentrations and soil physicochemical properties

Физико-химические свойства	Mn	Ba	Cu	Ni	Co	Cr	V	Pb	Zn
pH	0,14	0,10	0,39	0,43	0,12	0,52	0,11	0,13	0,35
Гумус	0,86	0,70	0,71	0,48	0,56	0,31	0,83	0,88	0,55
Физическая глина	0,32	0,35	0,18	0,23	0,26	0,24	0,23	0,29	0,27

Процессам опесчанивания (потере фракции физической глины более чем на 25 %) подвержены почвы туристических троп вдоль устьев рек Сармы и Курмы, н.п. Курма и Сарма, мыса Шида, зал. Хужир-Нугайский и на побережье Малого моря на месте турбаз и палаточных стоянок.

В результате проведенных исследований выявлено уплотнение почвы на побережье в зоне рекреационного воздействия. Плотность почвы на территории палаточных стоянок составляет в среднем от 0,88 до 1,16 г/см³, на туристических тропах и турбазах – от 1,08 до 1,18 г/см³, на фоновых участках естественных ландшафтов – от 0,45 до 0,81 г/см³. Обедненными на основные элементы питания растений почвами оказались почвы рекреационных территорий (туристических троп и стоянок, комплекса турбаз).

Малопродуктивные, очень чувствительные к эрозионным процессам и сильно трансформированные почвы не рекомендуются для рекреационного использования.

Заключение

Особенности природно-климатических условий восточного Приольхонья (геологическое строение, рельеф, сухой климат, гранулометрический и химический состав почв) и высокая рекреационная нагрузка благоприятствуют процессам трансформации почв. Наиболее трансформированные почвы на южных склонах с легкими породами под степной растительностью приурочены к населенным пунктам, турбазам, туристическим тропам и стоянкам.

На побережье Малого моря в зоне рекреационного воздействия выявлена трансформация физических, физико-химических и химических показателей почв. Выявлено: ухудшение физических свойств почв, накопление макро- микроэлементов, уменьшение содержания гумуса (под степями), увеличение степени опесчаненности и плотности почв, а также дефицит основных элементов питания растений. Показатель по содержанию гумуса выражен неоднозначно. Выявлено уменьшение содержания гумуса на рекреационных территориях в сравнении с фоновыми участками для степных почв. При периодическом унавоживании почв пастбищ под луговой растительностью этот показатель для интегральной оценки рекреационной трансформации почв неинформативен.

Выявлена корреляционная зависимость накопления токсических элементов в почвах от их свойств (реакция среды, содержание гумуса и фракции физической глины). Наиболее высокие содержания ТМ обнаружены в слабощелочных и щелочных, органогенных и среднесуглинистых горизонтах, которые являются геохимическими барьерами.

Сильная степень трансформации почв наблюдается локально около населенных пунктов, турбаз, палаточных стоянок, туристических троп и дорог, занимающих около 4 % территории побережья Малого моря. Площадь территории с почвами средней стадии трансформации составляет около 27 % побережья.

Список источников

- Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий и рекомендации по применению удобрений в ООО «Бильчир» Осинского района Иркутской области. 2009. Иркутск, ФГБУ ЦАС «Иркутский» 29 с.
- Аринушкина Е.В. 1970. Руководство по химическому анализу почв. М., Издательство Московского университета, 487 с.
- Атлас Иркутской области. 2004. М., Иркутск, Институт географии СО РАН, 90с.
- ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М., Госстандарт. Электронный ресурс. URL: https://enadm.ru/uploads/docs/municipal_control/ground_control/2019/normative%20legal%20acts/Normative_acts_F_E/2021/1.pdf (дата обращения 13.02.2023).
- Кузьмин В.А. 2004. Почвенный покров. Атлас Иркутской области. М., Иркутск, ИГ СО РАН, 41 с.
- СанПиН 1.2.3685-21 IV. Почва населенных мест и сельскохозяйственных угодий. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. 2021. Электронный ресурс. URL: http://test.safe-work.ru/Bibl/BibOT/n123685-21_4.html (дата обращения 13.02.2023).

Список литературы

- Агрохимические методы исследования почв. 1975. М., Наука, 656 с.
- Белозерцева И.А., Владимиров И.Н., Убугунова В.И., Убугунов В.Л., Екимовская О.А., Бардаш А.В. 2016. Почвы водоохранной зоны озера Байкал и их использование. География и природные ресурсы, 5: 70–82. DOI: 10.21782 / GiPR0206-1619-2016-5
- Белозерцева И.А., Лопатина Д.Н., Зверева Н.А. 2019. Почвы восточного Приольхонья на побережье озера Байкал: современное состояние и использование. Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева, 97: 21–51. DOI: 10.19047/0136-1694-2019-97-21-51



- Воробьева Г.А. 2010. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск, ИГУ, 205 с.
- Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. 2008. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон). Новосибирск, Академическое изд-во «Гео», 234 с.
- Гришина Л.А., Орлова Д.С. 1978. Система показателей гумусного состояния почв. Проблемы почвоведения, 42–47.
- Данько Л.В., Снытко В.А. 2004. Почвенно-геохимическая специфика экотонов тайги и степи Приольхонья. География и природные ресурсы, 1: 59–65.
- Добровольский В.В. 1997. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы. Почвоведение, 4: 431–441.
- Добрынин А.П. 1990. Закономерности рекреации деградации лесов Сибири и Дальнего Востока. Проблемы лесоведения и лесной экологии, 2: 521–523.
- Жевелева Е.М., Офицерова О.В. 1985. Влияние рекреационной нагрузки на некоторые химические свойства почв. Вестник МГУ, 2: 63–65.
- Зверева Н.А. 2021. Освоение и использование земель Приольхонья. Успехи современного естествознания, 2: 94–99. DOI: 10.17513/use.37580
- Знаменская Т.И., Вантеева Ю.В., Солодянкина С.В. 2018. Факторы развития водной эрозии почв в зоне рекреационной деятельности в Приольхонье. Почвоведение, 2: 221–228. DOI: 10.7868/S0032180X18020107
- Знаменская Т.И., Солодянкина С.В., Вантеева Ю.В. 2020. Почвенный покров Приольхонья. Почвоведение, 6: 653–662. DOI: 10.31857/S0032180X20060167
- Ивонин М.М., Авдонин В.Е. 2000. Эрозия бурых лесных почв в связи с рекреационной дигрессией. Почвоведение, 2: 243–251.
- Калеп Л.Л. 2004. Современное землепользование. В кн.: Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Иркутск, ИГ СО РАН: 46–50.
- Карпачевский Л.О. 1981. Лес и лесные почвы. М., Изд-во Лесная промышленность, 264 с.
- Козлова А.А. 2016. Почвенный покров Южного Предбайкалья: история изучения, современное состояние. Научное обозрение. Биологические науки, 2: 60–73.
- Кузнецов В.А., Рыжова И.М., Телеснина В.М., Стома Г.В. 2015. Количественная оценка влияния рекреации на растительность, подстилку и плотность почв лесопарков Москвы. Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение, 1: 21–29.
- Кузьмин В.А., Гагаринова О.В. 2004. Почвы и водная среда. В кн.: Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Иркутск, ИГ СО РАН: 69–81.
- Кузьмин С.Б. 2011. Палеоэкологические модели этноприродных взаимодействий. Новосибирск, Академическое изд-во «Гео», 187 с.
- Лазарева И.П. 1992. Особенности рекреационной деградации почв. В кн.: Антропогенная динамика почв таёжных экосистем. Петрозаводск, Карельский Научный Центр РАН. Институт леса: 174–190.
- Лопатовская О.Г. 2018. Засоленные почвы Приольхонья и острова Ольхон. Иркутск, Изд-во ИГУ, 205 с.
- Мартынов В.П. 1965. Почвы горного Прибайкалья. Улан-Удэ, Бурятское книжное издательство, 164 с.
- Николаев И.В. 1949. Почвы Иркутской области. Иркутск, ОГИЗ, 404 с.
- Павлова К.С., Робертус Ю.В., Кивацкая А.В. 2013. Характер изменений свойств и состава почв рекреационных территорий (на примере Катунского района Республики Алтай). Мир науки, культуры, образования, 1(38): 338–342.
- Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П., Смирнова Р.С., Башаркевич И.Л., Онищенко Т.Л., Павлова Л.Н., Трефилова Н.Я., Ачкасов А.И., Саркисян С.Ш. 1990. Геохимия окружающей среды. М., Недра, 335 с.
- Семенов Ю.М., Снытко В.А., Семенова Л.Н., Данько Л.В. 2000. Ландшафтно-геохимические особенности острова Ольхон на Байкале. География и природные ресурсы, 1: 59–63.
- Семенова Л.Н. 2002. Особенности микроэлементного состава почв геосистем Приольхонья. География и природные ресурсы, 4: 62–67.
- Теория и практика химического анализа почв. 2006. Под ред. Л.А. Воробьевой. М., ГЕОС, 399 с.



- Черкашина А.А., Голубцов В.А., Силаев А.В. 2015. Постагрогенная трансформация почв Тункинской котловины. Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле, 11: 128–140.
- Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. 2004. Отв. Ред. А.Н. Антипов, Е.Г. Суворов. Иркутск, ИГ СО РАН, 141 с.
- Amrein D., Rusterholz H.P., Baur B. 2005. Disturbance of Suburban Fagus Forests by Recreational Activities: Effects on Soil Characteristics, Above-Ground Vegetation and Seed Bank. Applied Vegetation Science, 8(2): 175–182. DOI: 10.1111/j.1654-109X.2005.tb00643.x
- Cole D.N. 2013. Changing conditions on wilderness campsites: Seven case studies of trends over 13 to 32 years. General Technical Report RMRS-GTR-300. Fort Collins, CO, United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 99 p.
- Kissling M., Hegetschweiler K.T., Rusterholz H.-P., Baur B. 2009. Short-Term and Long-Term Effects of Human Trampling on Above-Ground Vegetation, Soil Density, Soil Organic Matter and Soil Microbial Processes in Suburban Beech Forests. Applied Soil Ecology, 42(3): 303–314. DOI: 10.1016/j.apsoil.2009.05.008
- Monti P.W., Mackintosh E.E. 1979. Effect of Camping on Surface Soil Properties in Boreal Forest Region of North-Western Ontario, Canada. Soil Science Society of America Journal, 43(5): 1024–1029. DOI: 10.2136/sssaj1979.03615995004300050042x

Reference

- Agrokhimicheskiye metody issledovaniya pochv [Agrochemical Methods for Soil Research]. 1975. Moscow, Publ. Nauka, 656 p.
- Belozertseva I.A., Vladimirov I.N., Ubugunova V.I., Ubugunov V.L., Ekimovskaya O.A., Bardash A.V. 2016. Soils of the Water Protection Zone of Lake Baikal and Their Use. Geography and Natural Resources, 5: 70–82 (in Russian). DOI: 10.21782 / GiPR0206-1619-2016-5
- Belozertseva I.A., Lopatina D.N., Zvereva N.A. 2019. Soils of the Eastern Priol'khonye on the Coast of the Lake Baikal: Current State and Use. Dokuchaev Soil Bulletin, 97: 21–51 (in Russian). DOI: 10.19047/0136-1694-2019-97-21-51
- Vorobyova G.A. 2010. Pochva kak letopis prirodnikh sobytiy Pribaykalia: problemy evolyutsii i klassifikatsii pochv [Soil as a Chronicle of the Natural Events of Baikalia: Problems of Soil Evolution and Classification]. Irkutsk, Publ. ISU, 205 p.
- Grebenshchikova V.I., Lustenberg E.E., Kitaev N.A., Lomonosov I.S. 2008. Geokhimiya okruzhayushchey sredy Pribaykalia (Baykalskiy geokologicheskiy poligon) [Geochemistry of the Circling Environment of the Baikal Region (Baikal Geoecological Polygon)]. Novosibirsk, Publ. Academic publishing house "Geo", 234 p.
- Grishina L.A., Orlova D.S. 1978. Sistema pokazateley gumusnogo sostoyaniya pochv [System of Indicators of the Humic State of Soils]. Problemy pochvovedeniya, 42–47.
- Danko L.V., Snytko V.A. 2004. Pochvenno-geokhimicheskaya spetsifika ekotonov taygi i stepi Priol'khonia [Soil and Geochemical Specificity of Taiga Ecotons and Priol'khonye Steppe]. Geografiya i prirodnyye resursy, 1: 59–65.
- Dobrovolsky V.V. 1997. Biosfernyye tsikly tyazhelykh metallov i regul'yatornaya rol pochvy [Biosphere Cycles of Heavy Metals and Regulatory Role of Soil]. Pochvovedeniye, 4: 431–441.
- Dobrynin A.P. 1990. Zakonomernosti rekreatsii degradatsii lesov Sibiri i Dalnego Vostoka [Patterns of Recreation of Forest Degradation in Siberia and the Far East]. Problemy lesovedeniya i lesnoy ekologii, 2: 521–523.
- Zheveleva E.M., Ofitserova O.V. 1985. Vliyaniye rekreatsionnoy nagruzki na nekotoryye khimicheskiye svoystva pochv [Influence of Recreational Load on Some Chemical Properties of Soils]. Vestnik MGU, 2: 63–65.
- Zvereva N.A. 2021. Development and Use of Lands of Priol'khon Region. Modern Natural History Successes, 2: 94–99 (in Russian). DOI: 10.17513/use.37580
- Znamenskaya T.I., Vanteeva J.V., Solodyankina S.V. 2018. Factors of the Development of Water Erosion in the Zone of Recreation Activity in the Ol'khon Region. Eurasian soil science, 51(2): 221–228 (in Russian). DOI: 10.1134/S1064229318020151
- Znamenskaya T.I., Solodyankina S.V., Vanteeva Y.V. 2020. Soil Cover of the Cis-Ol'khon Area, Baikal Region. Eurasian soil science, 53 (6): 707–714 (in Russian). DOI: 10.1134/S1064229320060162



- Ivonin M.M., Avdonin V.E. 2000. Erosion of Brown Forest Soils Related to Recreational Digression. *Eurasian soil science*, 33(2): 212–220 (in Russian).
- Kalep L.L. 2004. Modern Land Use. In: *Ecologically Oriented Land Use Planning in the Baikal Region*. Irkutsk, Publ. IG SB RAS: 46–50 (in Russian).
- Karpachevsky L.O. 1981. *Les i lesnyye pochvy [Forest and Forest Soils]*. Moscow, Publ. Lesnaya promyshlennost, 264 p.
- Kachinsky N. A. 1958. Mechanical and microaggregate composition of the soil, methods of its study. M., Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 193 p.
- Kozlova A.A. 2016. Soil Cover Southern Baikal Region: History of the Study, the Current Status. *Biological Sciences*, 2: 60–73 (in Russian).
- Kuznetsov V.A., Ryzhova I.M., Telesnina V.M., Stoma G.V. 2015. Quantitative Assessment of the Impact of Recreation on Vegetation, Litter and Soil Density of Forest Parks in Moscow. *Bulletin of Moscow University. Series 17: Soil Science*, 1: 21–29 (in Russian).
- Kuzmin V.A., Gagarinova O.V. 2004. Soils and Aquatic Environment. In: *Ecologically Oriented Land Use Planning in the Baikal Region*. Irkutsk, Publ. IG SB RAS: 69–81 (in Russian).
- Kuzmin S.B. 2011. *Paleoecological Models of Ethnic-Nature Relationship*. Novosibirsk, Publ. Akademicheskoye izdatelstvo «Geo», 187 p. (in Russian).
- Lazareva I.P. 1992. Osobennosti rekreatsionnoy degradatsii pochv [Features of Recreational Soil Degradation]. In: *Antropogennaya dinamika pochv tayezhnykh ekosistem [Anthropogenic Dynamics of Soils of Taiga Ecosystems]*. Petrozavodsk, Nauchnyy Tsentr RAN. Institut lesa: 174–190.
- Lopatovskaya O.G. 2018. *Zasolennyye pochvy Priolkhonia i ostrova Olkhon [Salted Soils of Priolhon and the Islands of Olhon]*. Irkutsk, Publ. ISU, 205 p.
- Martynov V.P. 1965. *Pochvy gornogo Pribaykalia [Soils of the Mountainous Baikal Region]*. Ulan-Ude, Publ. Buryatskoye knizhnoye izdatelstvo, 164 p.
- Nikolaev I.V. 1949. *Pochvy Irkutskoy oblasti [Soils of the Irkutsk region]*. Irkutsk, Publ. OGIZ, 404 p.
- Pavlova K.S., Robertus Yu.V., Kivatskaya A.V. 2013. Character Property Changes and Composition in the Soil of Recreational Area (by the Example of Katunsky District). *World of Science, Culture, Education*, 1(38): 338–342 (in Russian).
- Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P., Smirnova R.S., Basharkevich I.L., Onishchenko T.L., Pavlova L.N., Trefilova N.Ya., Achkasov A.I., Sarkisyan S.Sh. 1990. *Geokhimiya okruzhayushchey sredy [Geochemistry of the Environment]*. Moscow, Publ. Nedra, 335 p.
- Semenov Yu.M., Snytko V.A., Semenova L.N., Danko L.V. 2000. *Landshaftno-geokhimicheskiye osobennosti ostrova Olkhon na Baykale [Landscape and Geochemical Features of Olkhon Island on Lake Baikal]*. *Geografiya i prirodnyye resursy*, 1: 59–63.
- Semenova L.N. 2002. Osobennosti mikroelementnogo sostava pochv geosistem Priolkhonia [Features of the Microelement Composition of Soils of Geosystems of Priol'khon Region]. *Geografiya i prirodnyye resursy*, 4: 62–67.
- Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv [Theory and Practice of Chemical Soil Analysis]*. 2006. Ed. by L.A. Vorobyova. Moscow, Publ. GEOS, 399 p.
- Cherkashina A.A., Golubtsov V.A., Silaev A.V. 2015. Postagrogenic Transformation of Soils of the Tunka Basin (South-Western Cisbaikalia). *The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences*, 11: 128–140 (in Russian).
- Ecologically Oriented Land Use Planning in the Baikal Region*. 2004. Ed. by A.N. Antipov, E.G. Suvorov. Irkutsk, Publ. IG SB RAS, 141 p. (in Russian).
- Amrein D., Rusterholz H.P., Baur B. 2005. Disturbance of Suburban Fagus Forests by Recreational Activities: Effects on Soil Characteristics, Above-Ground Vegetation and Seed Bank. *Applied Vegetation Science*, 8 (2): 175–182. DOI: 10.1111/j.1654-109X.2005.tb00643.x
- Cole D.N. 2013. Changing conditions on wilderness campsites: Seven case studies of trends over 13 to 32 years. General Technical Report RMRS-GTR-300. Fort Collins, CO, United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 99 p.
- Kissling M., Hegetschweiler K.T., Rusterholz H.-P., Baur B. 2009. Short-Term and Long-Term Effects of Human Trampling on Above-Ground Vegetation, Soil Density, Soil Organic Matter and Soil Microbial Processes in Suburban Beech Forests. *Applied Soil Ecology*, 42(3): 303–314. DOI: 10.1016/j.apsoil.2009.05.008



Monti P.W., Mackintosh E.E. 1979. Effect of Camping on Surface Soil Properties in Boreal Forest Region of North-Western Ontario, Canada. *Soil Science Society of America Journal*, 43(5): 1024–1029. DOI: 10.2136/sssaj1979.03615995004300050042x

*Поступила в редакцию 16.02.2023;
поступила после рецензирования 10.03.2023;
принята к публикации 02.05.2023*

*Received February 16, 2023;
Revised March 10, 2023;
Accepted May 02, 2023*

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

Зверева Надежда Анатольевна, аспирант, ведущий инженер лаборатории геохимии ландшафта и географии почв, Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

Белозерцева Ирина Александровна, кандидат географических наук, заведующий лабораторией геохимии ландшафта и географии почв, Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nadezhda A. Zvereva, Postgraduate Student, Leading Engineer, Laboratory of Landscape Geochemistry and Soil Geography of the V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia

Irina A. Belozertseva, Candidate of Geographical Sciences, Head of the Laboratory of Landscape Geochemistry and Soil Geography of the V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia



УДК 631.48
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-192-204

Применение геохимических коэффициентов для диагностики изменений условий формирования чернозема типичного в Воронежской области

Соляной А.В.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
Email: solyanoy96@mail.ru

Аннотация. Проанализированы профили автоморфных черноземов типичных лесостепи Среднерусской возвышенности Воронежской области в погребенном состоянии (под насыпью кургана возрастом 4200–4300 лет) и на фоновом участке рядом с курганом. Почвообразующие породы – карбонатные лессовидные глины. Применены геохимические коэффициенты для идентификации изменений во времени ряда почвенных свойств. Сравнение признаков погребенной и фоновых почв свидетельствует об эволюционной трансформации почв за время между моментом создания кургана и современностью. По геохимическим показателям реконструируются более гумидные климатические условия времени, предшествовавшего созданию кургана, по сравнению с современной обстановкой. Об этом свидетельствуют различия между погребенным и фоновым черноземами по таким характеристикам, как содержание натрия, величина коэффициентов CIA и $Al_2O_3 / (CaO + MgO + NaO + K_2O)$. Исследования подтверждают зависимость индекса CIA от степени гумидности климата, выявленную более ранними исследованиями. Более высокие значения коэффициента CIA являются свидетельством фазы более влажного климата, предшествовавшей времени создания кургана, когда интенсивность выветривания минеральной матрицы почв могла возрастать. Вместе с тем установлен рост мощности гумусированной части профиля чернозема на протяжении последних 4200–4300 лет, что было обусловлено общим позднеголоценовым трендом развития почв.

Ключевые слова: Среднерусская возвышенность, черноземы, эволюция почв, химические элементы, геохимические коэффициенты

Благодарности: Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (проект № 19-29-05012 мк, полевые и лабораторные исследования почв). Название проекта: «Региональные и локальные реконструкции изменения почв и природной среды под влиянием голоценовой динамики климата и антропогенных воздействий: лесостепь центра Восточной Европы».

Для цитирования: Соляной А.В. 2023. Применение геохимических коэффициентов для диагностики изменений условий формирования чернозема типичного в Воронежской области. Региональные геосистемы, 47(2): 192–204. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-192-204

Application of Geochemical Coefficients for Diagnostics of Changes in the Conditions of Formation of Chernozem Typical in the Voronezh Region

Anton V. Solyanoi

Belgorod National Research University,
85 Pobedy St, Belgorod 308015, Russia,
E-mail: solyanoy96@mail.ru

Abstract. The profiles of automorphic chernozems typical of the forest-steppe of the Central Russian upland of the Voronezh region in the buried state (under the mound of the 4200–4300-year-old mound) and

in the background area next to the mound are analyzed. The soil-forming rocks are carbonate loess-like clays. Geochemical coefficients were applied to identify changes in a number of soil properties over time. Comparison of the features of the buried and background soils indicates the evolutionary transformation of soils during the time between the creation of the mound and modernity. According to geochemical indicators, the more humid climatic conditions of the time preceding the creation of the mound are reconstructed in comparison with modern conditions. This is evidenced by the differences between the buried and background chernozems in such characteristics as the sodium content, the value of the coefficients CIA and $Al_2O_3 / (CaO + MgO + NaO + K_2O)$. Studies confirm the dependence of the CIA index on the degree of climate humidity, revealed by earlier studies. It is likely that the higher values of the CIA coefficient are evidence of a phase of a wetter climate preceding the time of the creation of the mound, when the intensity of weathering could increase. At the same time, an increase in the capacity of the humusized part of the chernozem profile has been established over the past 4200–4300 years, which was due to the general Late Holocene trend in soil development.

Keywords: Central Russian upland, chernozems, soil evolution, chemical elements, geochemical coefficients

Acknowledgements: This work was supported by grants of Russian Foundation for Basic Research (project No. 19-29-05012 mk, field and laboratory analyses of soil). Project title: «Regional and local reconstructions of soil and natural environment changes under the influence of Holocene climate dynamics and anthropogenic impacts: forest-steppe of the center of Eastern Europe».

For citation: Solyanoi A.V. 2023. Application of Geochemical Coefficients for Diagnostics of Changes in the Conditions of Formation of Chernozem Typical in the Voronezh Region. *Regional Geosystems*, 47(2): 192–204. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-192-204

Введение

Исследования почв археологических памятников – это сравнительно новое направление в почвоведении, которое также известно под названием «почвенно-археологические исследования». Данные исследования проводятся в рамках научного направления «Археологическое почвоведение» (термин ввели В.А. Демкин и И.В. Иванов [Иванов, 1992; Демкин, 1997; и др.]). Почвенно-археологические исследования направлены на изучение погребенных почв и их сравнение с современными почвами рядом с памятниками археологии. Погребенные почвы изучаются под датированными земляными насыпями искусственного происхождения (курганы, оборонительные валы и др.). Почвенно-археологические исследования позволяют получить информацию об изменении во времени почв и почвенного покрова, а также реконструировать среду обитания древних и средневековых обществ с помощью почв, сопряженных с памятниками археологии. Этими исследованиями охвачены различные природные регионы: центр Русской (Восточно-Европейской) равнины [Александровский, 1983], Нижнее Поволжье [Иванов, 1984, 1992; Демкин, 1997; Борисов и др., 2006], Южный Урал [Рысков, Демкин, 1995; Плеханова, 2017] и другие.

Благодаря исследованиям, проводимым палеопочвововедами, были сформулированы выводы о тенденциях природно-климатических изменений на территории Воронежской области и других регионов Центрального Черноземья [Ахтырцев, 1990; Чендев, 2005; Зиньковская, Чендев, 2009; Иванов, 2015; Чендев и др., 2016; и др.].

В 2000-е гг. годы в рамках археологического почвоведения возрос интерес к изучению процессов взаимодействия древнего человека и природы, освоению человеком природных ресурсов, реконструкции древних промышленных технологий, к анализу негативного воздействия на природу в древности и исследованию устойчивости древних биogeоценозов к техногенному воздействию [Каздым, 2003; 2006]. В этот период исследования погребенных почв стали переходить на принципиально новый уровень – было обосновано важное



значение анализа содержания в разновозрастных почвах тяжелых металлов, а также возможность применения геохимических коэффициентов для реконструкции природной среды и древних условий почвообразования [Калинин, Алексеев, 2008]. На основании анализа геохимических показателей выявлялись циклические изменения почв, обусловленные вековой динамикой климата. Вместе с тем следует отметить, что сведений об исследованиях содержания потенциальных загрязнителей окружающей среды, тяжелых металлов, в погребенных почвах существует все еще мало. Одна из первых работ в этом направлении была подготовлена в 1997 году М.И. Дергачевой [Иванов и др., 1997]. Также следует отметить региональную неоднородность изученности вопроса. Так европейская часть России [Бронникова и др., 2007; Калинин, Алексеев, 2009; Гольева, 2009; Долгих, 2010; Дружинина, 2012] изучается довольно плотно, а в Западной Сибири подобные работы часто носят эпизодический характер.

Таким образом, метод геохимического исследования разновозрастных почв характеризуется сравнительной молодостью; он до настоящего времени имеет пространственную неоднородность применения и фрагментарность использования.

Как показали исследования, геохимический анализ почв представляет собой довольно сложную задачу. Необходимо учитывать большое количество факторов и условий, которые могут влиять на миграцию химических элементов: природная зона, тип водного режима, гранулометрический состав, почвообразующие породы и др. Степень загрязнения почв относительно естественного фона определяется не только уровнем атмосферных выпадений, но также исходным содержанием металла в почве. Уровень загрязнения зависит также от скорости миграции химического элемента в почвенном профиле [Пампура и др., 2019].

По совокупности условий наиболее удачными районами геохимических исследований почв являются степная и лесостепная зоны с черноземными почвами. Эти почвы в наиболее полной мере отвечают основным условиям исследования: полупромывной или непромывной тип водного режима, большие запасы органического вещества, способствующие закреплению химических элементов в гумусовых горизонтах почв.

В данной статье рассматривается один из примеров изучения современных и погребенных почв с геохимической точки зрения на примере разновозрастных черноземов лесостепи.

Целью работы является сравнительный анализ морфометрических и геохимических показателей современных черноземов типичных и их аналогов, сформировавшихся в суббореальном периоде голоцена на территории Среднерусской возвышенности.

Объекты и методы исследований

Участок исследования находится на территории юга лесостепной зоны в пределах восточной части Среднерусской возвышенности. Исследованный курган и курганный могильник расположены в Острогожском районе Воронежской области на ровном распахиваемом водоразделе между долинами рек Девицы (к востоку) и Потудани (к югу). Почвообразующими породами являются легкие карбонатные лессовидные глины с содержанием физической глины в слое 160–200 см почв – 71–75 %.

Раскопки кургана проводились в 2022 году археологической экспедицией Института археологии РАН (г. Москва) под руководством А.А. Шевченко. Особенности погребальной обрядности, а также керамический материал, изученные в центральном погребении кургана, позволяют датировать курган XXVI в. до н. э. в калиброванном летоисчислении (4200–4300 некалиброванных лет назад).

Главными объектами исследования являются почвенные профили, изученные в 2 разрезах: на фоновом участке рядом с курганом (в 25 метрах от его основания) и под центральной частью курганной насыпи, мощность которой на момент исследований составляла

95 см. Выбор места исследования фоновых почв на некотором удалении от кургана определялся вероятностью существования кольцевого ровика вокруг кургана, из которого извлекался грунт для создания его насыпи. Фоновые почвы изучались за пределами этого ровика, имевшего срезку верхних слоев почвы.

Описания почв и названия давались в соответствии с отечественной классификацией почв 1977 года [Классификация, 1977]. Фоновый чернозем был идентифицирован как чернозем типичный мощный глинистый (со средней мощностью гумусированной части профиля 87 см), а погребенный чернозем – как чернозем типичный среднечерноземный глинистый (со средней мощностью гумусированной части профиля 60 см). По глубине залегания карбонатов между сравниваемыми почвами различия оказались незначительными: вскипание фонового чернозема наблюдалось с глубины 20 см, а погребенного – с глубины 25 см.

В полевых условиях главными методами исследования являлись морфологический анализ почвенного профиля и сравнительный метод исследования.

Лабораторные исследования почв выполнялись в НИУ «БелГУ». Они включали измерение содержания макро- и микроэлементов в почвах на аппарате «СПЕКТРОСКАН МАКС – GV» по методике измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах методом рентгенфлуорисцентного анализа. По выявленному содержанию в почвах химических элементов затем проводились расчеты: изменения степени засоленности и карбонатности, выщелачивания почв, интенсивности выветривания почвообразующей породы фоновой почвы по сравнению с погребенной почвой под курганной насыпью.

Использованная нами методика основана на свойстве гумусовых горизонтов почв служить мощным геохимическим барьером для многих веществ и соединений. При этом необходимо иметь в виду, что разные элементы имеют разную способность к накоплению в гумусовых горизонтах; кроме того, необходимо учитывать факторы, которые прямо или косвенно могут влиять на миграцию соединений микроэлементов по профилю. Поэтому для корректных выводов необходимо учитывать не только индивидуальные особенности каждого элемента, но и геохимические особенности природных зон, состав почвообразующих пород, элементы рельефа и т. д. Широко известны 14 геохимических коэффициентов, используемых при палеорекострукциях [Калинин и др., 2009].

Основными геохимическими показателями, которые используют для реконструкции условий почвообразования и осадконакопления, и которые мы использовали в нашем исследовании, являются следующие [Калинин, Алексеев, 2008].

1) CIA – индекс химического выветривания. Рассчитывается по формуле $Al_2O_3 / (Al_2O_3 + K_2O + CaO + Na_2O)$ (%) и показывает степень химического выветривания отложений. Данный показатель отражает области самых выветрелых отложений – аттракторов накопления органического вещества и соединений фосфора. Эти зоны могут быть связаны с антропогенной активностью, например, с наиболее часто используемыми и вытоптанными местами стоянок – жилыми зонами, местами разделки туш животных и др.

2) Коэффициент выветривания $(Al_2O_3 / (CaO + Na_2O + K_2O + MgO))$. Отношение Al_2O_3 (глинистая составляющая) к содержанию основных катионов, выносимых в почвенные растворы [Retallack, 2003]. Данный показатель также отражает зоны самых выветрелых отложений, в которых накапливается органическое вещество и соединения фосфора (данные зоны могут быть связаны с антропогенной деятельностью) [Дружинина, 2017].

3) $(Fe_2O_3 + MnO) / Al_2O_3$. Характеризует степень окисления почвенного материала [Retallack, 2003].

4) $(CaO + MgO) / Al_2O_3$. Отражает накопление почвенного кальцита и (в более редких случаях) доломита [Retallack, 2003].

5) $(K_2O + Na_2O) / Al_2O_3$. Характеризует поведение легкорастворимых солей в профиле почвы.

6) TiO_2 / Al_2O_3 . Позволяют оценить степень однородности изучаемых пород, определить наличие привноса вторичного материала и двучленность пород и отложений.

Результаты и их обсуждение

Средние (по результатам 15-кратных замеров вдоль боковых и передней стенок разреза) морфометрические признаки профиля фоновой почвы (рис. 1 а) следующие: Апах 0–31 см; А1к 31–55 см; А1Вк 55–71 см; Вк 71–109 см; ВСк 109–141 см; глубина вскипания – 20 см.

По результатам 10 замеров вдоль стенки разреза, средние морфометрические признаки погребенного чернозема (рис. 2 б) оказались следующими: [А1] 0–24 см; [А1Вк] 24–37 см; [Вк] 37–78 см; [ВСк] 78–95 см; вскипание – 25 см.

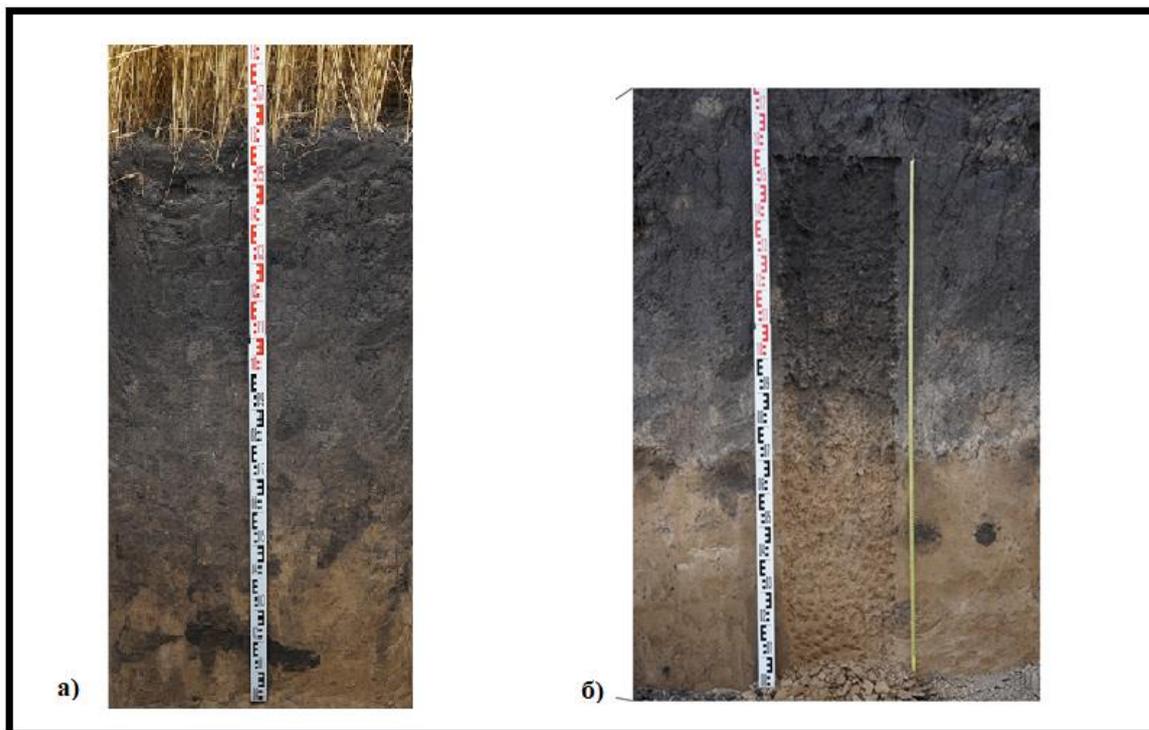


Рис. 1. Общий вид профилей фоновой (а) и погребенной (б) почвы
Fig. 1. General view of the profiles of the background (a) and buried (b) soil

Сравнение признаков погребенной и фоновых почв свидетельствует об эволюционных изменениях, произошедших в почвах за время между моментом создания кургана и современностью. Мощность гумусовых горизонтов возросла в 2,2 раза, гумусированной части профилей – в 1,4 раза, почвенных профилей – в 1,5 раза. В современных почвах стало заметно больше слепышин.

Данные по валовому химическому составу изученных фоновой и подкурганной почв, а также по профильному распределению ряда геохимических коэффициентов представлены в табл. 1–4.

Отношение TiO_2 / Al_2O_3 (табл. 2, 4) свидетельствует об однородности породного состава фоновых и погребенных черноземов и об отсутствии литологических двучленов в почвенных профилях.

Валовой химический состав фоновых почв характеризуется невысокими концентрациями SiO_2 – от 49 до 62 %, что характерно для глинистого состава почвы.

Al_2O_3 , который является основным компонентом глинистой составляющей, распределяется довольно равномерно по профилю (от 12,21 в верхней части до 11,49 в нижней части (табл. 1)). Соотношение SiO_2 / Al_2O_3 (табл. 2) подтверждает эту особенность.

Таблица 1
Table 1

Валовой химический состав современного чернозема рядом с курганом
(% от массы прокаленной навески)
Gross chemical composition of modern chernozem near the mound
(% of the mass of calcined suspension)

Слой, см	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO
0–10	2,45	1,68	12,21	61,70	0,20	2,30	1,87	0,75	4,57	0,085
10–20	2,92	1,70	12,18	61,82	0,20	2,24	1,78	0,76	4,63	0,084
20–30	2,75	1,69	12,22	62,03	0,19	2,27	2,11	0,76	4,72	0,084
30–40	1,95	1,59	11,22	58,98	0,19	2,22	2,42	0,76	4,61	0,078
40–60	2,46	1,57	11,54	58,85	0,19	2,17	4,40	0,74	4,45	0,079
60–80	2,10	1,66	11,29	57,10	0,18	2,00	8,99	0,71	4,19	0,074
80–100	2,48	1,70	11,14	55,90	0,18	1,78	11,33	0,68	4,02	0,072
100–120	2,69	1,80	11,01	52,09	0,14	1,78	9,82	0,71	4,12	0,063
120–140	2,52	1,99	11,21	50,05	0,11	1,75	10,58	0,69	4,24	0,064
140–160	2,11	1,91	11,09	49,96	0,11	1,81	9,02	0,69	4,36	0,070
160–180	2,90	1,98	11,66	54,39	0,12	1,83	8,87	0,72	4,35	0,070
180–200	2,37	1,95	11,49	53,59	0,11	1,88	8,26	0,69	4,52	0,082

Таблица 2
Table 2

Профильное распределение геохимических коэффициентов
в современном черноземе рядом курганом
Profile distribution of geochemical coefficients in modern chernozem near kurgan

Слой, см	TiO ₂ / Al ₂ O ₃	(CaO + MgO) / Al ₂ O ₃	(Fe ₂ O ₃ + MnO) / Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /(CaO+Mg O+Na ₂ O+K ₂ O)	CIA	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / Fe ₂ O ₃
0-10	0,06	0,34	0,38	1,40	62,31	5,05	13,47
10-20	0,06	0,34	0,38	1,33	60,81	5,07	13,62
20-30	0,06	0,35	0,38	1,35	61,01	5,07	13,62
30-40	0,07	0,54	0,40	1,12	50,92	5,25	13,29
40-60	0,06	0,64	0,39	0,98	45,18	5,10	13,36
60-80	0,06	0,79	0,38	0,87	40,41	5,05	13,41
80-100	0,06	0,91	0,38	0,77	36,62	5,02	13,44
100-120	0,06	1,14	0,37	0,65	31,33	4,73	12,94
120-140	0,06	1,28	0,37	0,60	29,22	4,46	12,25
140-160	0,06	1,29	0,38	0,61	29,24	4,50	12,06
160-180	0,06	0,96	0,37	0,73	35,32	4,66	12,85
180-200	0,06	1,03	0,38	0,71	34,06	4,66	12,40



Таблица 3
Table 3

Валовой химический состав подкурганного чернозема (% от массы прокаленной навески)
Gross chemical composition of the underburned chernozem (% of the mass of the calcined sample)

Слой, см	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO
0–10	1,87	1,65	12,27	61,00	0,22	2,30	1,87	0,75	4,57	0,081
10–20	1,86	1,70	12,31	60,32	0,22	2,24	1,78	0,76	4,63	0,075
20–30	1,58	1,77	12,61	61,49	0,21	2,27	2,11	0,76	4,72	0,072
30–40	2,19	1,68	12,49	60,13	0,21	2,22	2,42	0,76	4,61	0,077
40–60	2,35	1,82	12,45	57,98	0,20	2,17	4,40	0,74	4,45	0,071
60–80	2,56	1,73	11,59	55,32	0,17	2,00	8,99	0,71	4,19	0,068
80–100	2,16	1,73	11,16	51,84	0,13	1,78	11,33	0,68	4,02	0,057
100–120	2,26	1,83	11,51	53,11	0,12	1,78	9,82	0,71	4,12	0,069
120–140	2,40	1,82	11,56	51,87	0,12	1,75	10,58	0,69	4,24	0,059
140–160	3,38	1,81	11,69	54,12	0,12	1,81	9,02	0,69	4,36	0,072
160–180	2,70	2,01	12,01	54,36	0,12	1,83	8,87	0,72	4,35	0,071
180–200	1,97	2,02	12,03	54,36	0,12	1,88	8,26	0,69	4,52	0,062

Таблица 4
Table 4

Профильное распределение геохимических коэффициентов в подкурганном черноземе
Profile distribution of geochemical coefficients in the underground chernozem

Слой, см	TiO ₂ / Al ₂ O ₃	(CaO+MgO)/ Al ₂ O ₃	(Fe ₂ O ₃ +MnO) /Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ / (CaO+MgO+ Na ₂ O+K ₂ O)	CIA	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / Fe ₂ O ₃
0–10	0,06	0,29	0,38	1,60	68,60	4,97	13,34
10–20	0,06	0,28	0,38	1,62	69,45	4,90	13,04
20–30	0,06	0,31	0,38	1,63	68,51	4,87	13,02
30–40	0,06	0,33	0,37	1,47	63,95	4,81	13,05
40–60	0,06	0,50	0,36	1,16	52,73	4,66	13,03
60–80	0,06	0,93	0,37	0,76	36,08	4,77	13,19
80–100	0,06	1,17	0,36	0,66	31,03	4,64	12,91
100–120	0,06	1,01	0,36	0,73	34,46	4,61	12,88
120–140	0,06	1,07	0,37	0,70	32,91	4,49	12,24
140–160	0,06	0,93	0,38	0,73	35,30	4,63	12,40
160–180	0,06	0,91	0,37	0,78	37,01	4,52	12,49
180–200	0,06	0,85	0,38	0,85	39,42	4,52	12,01

Содержание MnO по профилю также распределено достаточно равномерно (от 0,085 в верхней части до 0,063 в слое 100–120 см) с небольшим ростом в нижней части профиля (0,082 в слое 180–200 см.)

Содержание оксидов железа распределено по профилю более неравномерно. До глубины 30 см происходит постепенное увеличение, далее до глубины 100 см – постепенное снижение и потом снова увеличение. Наибольшее значение SiO₂ / Fe₂O₃ характерно для верхних слоев и с глубиной происходит постепенное уменьшение показателя (см. табл. 2).

В соответствии с данными табл. 2, коэффициент CIA, отражающий изменение условий образования вторичных минералов, показывает диапазон варьирования в современной

почве от 62 % в верхних слоях до 34 % в нижних. Одно из объяснений этого видится в том, что верхние горизонты фоновых почв формируются в условиях лучшего промачивания (с большей интенсивностью выветривания первичных минералов) по сравнению с нижними слоями.

Коэффициент $Al_2O_3 / (CaO + MgO + Na_2O + K_2O)$ отражает активность миграции химических элементов по почвенному профилю в зависимости от водного режима почв. В фоновых почвах значение данного коэффициента в верхних слоях соответствует 1,35–1,40. Глубже, вплоть до глубины 160 см, показатель снижается, а затем наблюдается его незначительный рост (см. табл. 2).

Динамика содержания почвенного кальцита характеризуется соотношением $(CaO + MgO) / Al_2O_3$. Значение этого коэффициента в верхних слоях фонового чернозема соответствует 0,34–0,35, что значительно ниже, чем в средней и нижней части профиля (0,54–1,29), т. е. там, где содержание карбонатов более высокое.

В погребенных почвах (см. табл. 3, 4) геохимические свойства близки к фоновым значениям за некоторыми, важными с генетической точки зрения, исключениями.

Натрий в профиле погребенного чернозема содержится в менее высоких концентрациях по сравнению с фоновым черноземом (см. табл. 1, 3).

Распределение MnO по профилю не такое равномерное, как в фоновых почвах, а содержание ниже. Марганец является микроэлементом с высокой биофильностью [Калинин, Алексеев, 2008]. В степных ландшафтах щелочная окислительная среда препятствует миграции марганца. Увеличение концентрации данного элемента в фоновых почвах может быть связано с голоценовым трендом накопления марганца в черноземах и активизацией его биогенного накопления в почвах позднего голоцена.

Коэффициент CIA в подкурганном черноземе характеризуется более высокими значениями (68–68 % в слое 0–30 см) по сравнению с фоновым черноземом (61–62 % в слое 0–30 см). Коэффициент отражает глубину химического выветривания минеральной части почвы. Высокие значения CIA указывают на преимущественное удаление в процессе химического выветривания подвижных элементов (Ca^{2+} , Na^+ , K^+) по сравнению с устойчивыми (Al^{3+} и Ti^{4+}) в условиях относительно гумидного климата позднего голоцена, а низкие значения, напротив, свидетельствуют о почти полном отсутствии химического выветривания и могут служить признаками аридного климата [Приходько и др., 2020]. Зависимость индекса CIA от степени гумидности климата выявлена более ранними исследованиями [Goldberg, Numayun, 2010]. Коэффициент CIA чувствителен к климатическим изменениям, что хорошо отражено процессами преобразования минеральной массы и генезисом почв [Татьянченко и др., 2013]. Также следует отметить, что многие исследователи отмечают зависимость между данным коэффициентом и среднегодовым количеством осадков [Калинин, Алексеев, 2008]. Исследования в пределах Среднего Поволжья [Ломов, Солодков, 2016] выявили такую зависимость. Для Среднерусской возвышенности исследования для выявления указанной зависимости нам неизвестны. В случае нашего исследования, вполне вероятно, что более высокие значения коэффициента CIA, выявляемые до глубины 60 см в подкурганном черноземе, по сравнению с фоновым аналогом (см. табл. 2, 4) являются свидетельством фазы более влажного климата, предшествовавшей времени создания кургана, когда интенсивность выветривания могла возрастать.

Распределение $Al_2O_3 / (CaO + MgO + Na_2O + K_2O)$ в погребенных почвах превосходит фоновые значения (табл. 2, 4), что также свидетельствует о более гумидных условиях почвообразования в период формирования погребенных почв.

Коэффициенты $(CaO + MgO) / Al_2O_3$ и $(Fe_2O_3 + MnO) / Al_2O_3$ характеризуются близкими значениями и распределениями в погребенном и фоновом черноземах (см. табл. 2, 4). При этом коэффициент $(CaO + MgO) / Al_2O_3$ имеет несколько более высокие значения в фоновых почвах по сравнению с погребенными, что свидетельствует о накоплении в профилях современных почв карбонатов.



Проведенные исследования позволяют сделать вывод о более гумидных условиях, существовавших на изучаемой территории в период, предшествовавший созданию кургана. Об этом свидетельствуют различия между погребенным и фоновым черноземами по таким характеристикам, как содержание натрия, величина коэффициентов CIA и $Al_2O_3 / (CaO + MgO + Na_2O + K_2O)$. Неслучайно Е.А. Спиридонова в интервале 4300–4600 л. н. отмечает рост лесистости в лесостепи и смещение географических зон на территории центра Русской равнины к югу [Спиридонова, 1991]. Исследования Крицкого кургана в Павловском районе Воронежской области [Чендев и др., 2016] также подтверждают более влажные климатические условия, существовавшие ранее 4200 л. н. на севере степной зоны по сравнению с современной обстановкой.

Заключение

Изучение погребенных почв под разновозрастными археологическими памятниками – неотъемлемая часть палеопочвоведения. Оно важно для уточнения существующих представлений о генезисе, этапах формирования и современном состоянии почв. Благодаря исследованиям, проводимым палеопочвоведцами, в том числе и на территории областей Центрального Черноземья, были сформулированы выводы о тенденциях природно-климатических изменений и почв в голоцене.

Исследование подкурганного и фонового черноземов в Острогужском районе Воронежской области показало, что за 4200–4300 лет в почвах произошло возрастание мощности гумусовых горизонтов и в целом гумусированной части профилей. Вместе с тем, по ряду химических свойств, выявляемых при анализе валового химического состава подкурганного и фонового черноземов (содержанию натрия, значениям коэффициентов CIA и $Al_2O_3 / (CaO + MgO + Na_2O + K_2O)$), период, предшествовавший созданию кургана, реконструируется как более влажный по сравнению с современной обстановкой. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о более гумидных условиях, существовавших на изучаемой территории в период, предшествовавший созданию кургана (4200–4300 лет назад), по сравнению с современными условиями.

Автор выражает благодарность научному руководителю, доктору географических наук, профессору Чендеву Ю.Г., за консультации в процессе подготовки статьи.

Список литературы

- Александровский А.Л. 1983. Эволюция почв Восточно-Европейской равнины в голоцене. М., Наука, 150 с.
- Ахтырцев А.Б. 1990. Палеопочвенный покров юга Окско-Донской равнины и воздействие на него человека в среднем суббореале. В кн.: Археологические исследования в Центральном Черноземье в 12 пятилетке. Тезисы докладов и сообщений II межвузовской научной конференции, Белгород, 01–28 февраля 1990. Белгород, Издательский дом «Белгород»: 9–11.
- Борисов А.В., Демкина Т.С., Демкин В.А. 2006. Палеопочвы и климат Ергеней в эпоху бронзы (IV–II тыс. до н. э.). М., Наука, 210 с.
- Бронникова М.А., Мурашева В.В., Якушев А.И. 2007. Первые данные по пространственной неоднородности элементного состава культурного слоя Гнездовского поселения. В кн.: Гнездово: Результаты комплексных исследований памятника. Москва, Альфарет: 145–149.
- Гольева А.А. 2009. Валовый фосфор как индикатор хозяйственной деятельности древних и средневековых обществ. В кн.: Роль естественнонаучных методов в археологических исследованиях. Барнаул, Издательство Алтайского государственного университета: 56–59.
- Демкин В.А. 1997. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении природы и общества. Пушкино, Пушкинский Научный центр РАН, 213 с.
- Долгих А.В. 2010. Формирование педолитоседиментов почвенно-геохимической среды древних городов Европейской России. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 24 с.

- Дружинина О.А. 2012. Результаты геохимических исследований культурного слоя археологического памятника Рядино-5. Вестник Балтийского Федерального Университета им. И. Канта, 1: 29–33.
- Зиньковская И.В., Чендев Ю.Г. 2009. Природно-климатическая среда в бассейне р. Оскол в позднезарубинецкое время (по результатам исследования поселения Ездочное-1). Вестник ВГУ. Серия: История. Политология. Социология, 2: 66–72.
- Иванов А.И., Дергачева М.И., Кузнецов П.Ф. 1997. Опыт сравнительного анализа подкуранных современных почв по содержанию элементов тяжелых металлов. Проблемы взаимодействия природы и человека в Среднем Поволжье (методы, задачи, перспективы), 28–31.
- Иванов И.В. 2015. Эволюция почв и почвенного покрова: теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв. М., ГЕОС, 924 с.
- Иванов И.В. 1992. Эволюция почв степной зоны в голоцене. М., Наука, 144 с.
- Иванов И.В. 1984. Изменение почв и природных условий степной зоны СССР в голоцене. Пуцдино, Отдел научно-технической информации Научного центра биологических исследований АН СССР, 30 с.
- Каздым А.А. 2003. Палеэкология древних сообществ – попытка реконструкции древнего техногенного воздействия (на примере «Страны городов»). Вестник Челябинского Государственного Университета, 2(3): 125–141.
- Каздым А.А. 2006. Техногенные отложения древних и современных урбанизированных территорий (палеоэкологический аспект). М., Наука, 158 с.
- Калинин П.И., Алексеев О.А. 2008. Геохимические характеристики погребенных голоценовых почв степей Приволжской возвышенности. Вестник Воронежского Государственного Университета. Серия: География. Геоэкология, 1: 9–15.
- Калинин П.И., Алексеев А.О., Савко А.Д. 2009. Лёссы, палеопочвы и палеогеография квартала юго-востока Русской равнины. Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского Государственного Университета, 58: 1–139 с.
- Классификация и диагностика почв СССР. 1977. М., Колос, 224 с.
- Ломов С.П., Солодков Н.Н. 2016. Геохимические условия развития современных и погребенных почв Среднего Поволжья. Известия Саратовского Университета. Новая серия. Серия науки о Земле, 16(1): 10–13. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-1-10-13
- Пампура Т.В., Мейли М., Холм К., Кандопа Ф., Пробст А. 2019. Погребенные палеопочвы как фоновые объекты для оценки уровня загрязнения свинцом современных почв Нижнего Поволжья. Почвоведение, 1: 43–60. DOI: 10.1134/S0032180X19010118
- Плеханова Л.Н. 2017. Древние почвы археологических объектов как база палеоклиматических реконструкций второй половины голоцена. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, 28(3): 33–50. DOI: 10.21513/0207-2564-2017-3-33-50
- Приходько В.Е., Азаренко Ю.А., Шаяхметов М.Р., Тишкин А.А., Горбунов В.В., Пивоварова Е.Г. 2020. Реконструкция климата Средневековья на основе почвенных и геохимических исследований курганов сrostкинской культуры и ее локализация на юге Западной Сибири. Почвоведение, 3: 261–278. DOI: 10.31857/S0032180X20030053
- Рысков Я.Г., Демкин В.А. 1995. Результаты естественно-научного изучения курганов левобережного Илека. Курганы левобережного Илека, 3: 62–63.
- Спиридонова Е.А. 1991. Эволюция растительного покрова бассейна Дона в верхнем плейстоцене. М., Наука, 220 с.
- Татьянченко Т.В., Алексеева Т.В., Калинин П.И. 2013. Минералогический и химический составы разновозрастных подкуранных палеопочв Южных Ергеней и их палеоклиматическая интерпретация. Почвоведение, 4: 379–392. DOI: 10.7868/S0032180X1304014X
- Чендев Ю.Г. 2005. Естественная и антропогенная эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене. Автореф. дис. ... док. геогр. наук. М., 47 с.
- Чендев Ю.Г., Петин А.Н., Березуцкий В.Д., Долгих А.В., Белеванцев В.Г., Дудин Д.И. 2016. Голоценовые сигналы гумидизации климата в профилях разновозрастных черноземов центра Восточно Европы. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки, 3(191): 100–109.



- Goldberg K., Humayun M. 2010. The Applicability of the Chemical Index of Alteration as a Paleoclimatic Indicator: An Example from the Permian of the Paraná Basin, Brazil. *Palaeogeog, Palaeocli, Palaeoecol*, 293(1–2): 175–183. DOI: 10.1016/j.palaeo.2010.05.015
- Retallack G.J. 2003. Soils and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time. *Treatise on Geochemistry*, 5: 581–605.

References

- Alexandrovsky A.L. 1983. *Evolyutsiya pochv Vostochno-Evropeyskoy ravniny v golotsene* [Evolution of Soils of the East European Plain in the Holocene]. Moscow, Publ. Nauka, 150 p.
- Akhtyrtsev A.B. 1990. Paleopochvennyy pokrov yuga Oksko-Donskoy ravniny i vozdeystvie na nego cheloveka v srednem subboreale [Paleosurface Cover of the South of the Oka-Don Plain and Human Impact on It in the Middle Subboreal]. In: *Arkheologicheskie issledovaniya v Tsentral'nom Chernozem'e v 12 pyatiletke* [Archaeological Research in the Central Chernozem Region in the 12th Five-Year Plan]. Abstracts of reports and reports of the II interuniversity scientific conference, Belgorod, 01–28 February 1990. Belgorod, Publ. Belgorod: 9–11.
- Borisov A.V., Demkina T.S., Demkin V.A. 2006. *Paleopochvy i klimat Ergeney v epokhu bronzy (IV–II tys. do n. e.)* [Paleosoils and Climate of the Ergeni in the Bronze Age (IV–II thousand BC)]. Moscow, Publ. Nauka, 210 p.
- Bronnikova M.A., Murasheva V.V., Yakushev A.I. 2007. *Pervye dannye po prostranstvennoy neodnorodnosti elementnogo sostava kul'turnogo sloya Gnezdovskogo poseleniya* [The First Data on the Spatial Heterogeneity of the Elemental Composition of the Cultural Layer of the Gnezdovsky Settlement]. In: *Gnezdovo: Rezultaty kompleksnykh issledovaniy pamyatnika* [Gnezdovo: Results of complex studies of the monument]. Moscow, Publ. Alfaret: 145–149.
- Goleva A.A. 2009. *Valovyy fosfor kak indikator khozyaystvennoy deyatel'nosti drevnikh i srednevekovykh obshchestv* [Gross Phosphorus as an Indicator of Economic Activity of Ancient and Medieval Societies]. In: *Rol estestvennonauchnykh metodov v arkheologicheskikh issledovaniyakh* [The Role of Natural Science Methods in Archaeological Research]. Barnaul, Publ. Altai State University: 56–59.
- Demkin V.A. 1997. *Paleopochvovedenie i archeologia: integratsia v izuchenii prirody i obshchestva* [Paleosol Science and Archeology: Integration in Study of Environment and Humanity]. Pushchino, Publ. Pushchinskiy Nauchnyy tsentr, 212 p.
- Dolgikh A.V. 2010. *Formirovanie pedolitosedimentov pochvenno-geokhimicheskoy sredy drevnikh gorodov Evropeyskoy Rossii* [Formation of Pedolithosediments of the Soil-Geochemical Environment of Ancient Cities of European Russia]. Abstract. diss. ... cand. geogr. sciences. Moscow, 24 p.
- Druzhinina O.A. 2012. *The Results of Geochemical Study of Occupation Earth of the Ryadino 5 Archaeological Site*. *IKBFU's Vestnik*, 1: 29–33 (in Russian).
- Zinkovskaya I.V., Chendev Yu.G. 2009. *Prirodno-klimaticheskaya sreda v bassejne r. Oskol v pozdnezarubinskoe vremya (po rezul'tatam issledovaniya poseleniya Ezdochnoe-1)* [Natural and Climatic Environment in the Basin of the Oskol in the Late Zarubinets Time (According to the Results of the Study of the Settlement of Ezdochnoye-1)]. *Proceedings of Voronezh State University. Series: History. Political science. Sociology*, 2: 66–72.
- Ivanov A.I., Dergacheva M.I., Kuznetsov P.F. 1997. *Opyt sravnitel'nogo analiza podkurgannykh sovremennykh pochv po sodержaniyu jelementov tjazhelykh metallov* [The Experience of Comparative Analysis of Modern Soils by the Content of Elements of Heavy Metals]. *Problemy vzaimodeystviya prirody i cheloveka v Srednem Povolzhye (metody. zadachi. perspektivy)*, 28–31.
- Ivanov I.V. 2015. *Evolution of Soils and Soil Cover: Theory, Diversity of Natural Evolution and Anthropogenic Soil Transformations*. Moscow, Publ. GEOS, 925p. (in Russian).
- Ivanov I.V. 1992. *Evolutsia pochv stepnoi zony v golotsene* [Evolution of Soils of the Steppe Zone During the Holocene]. Moscow, Publ. Nauka, 143 p.
- Ivanov I.V. 1984. *Izmenenie pochv i prirodnykh usloviy stepnoy zony SSSR v golotsene* [Change of Soils and Natural Conditions of the Steppe Zone of the USSR in the Holocene]. Pushchino, Publ. Otdel nauchno-tekhnicheskoy informatsii Nauchnogo tsentra biologicheskikh issledovaniy AN SSSR, 30 p.
- Kazdym A.A. 2003. *Paleekologiya drevnikh soobshchestv – popytka rekonstruktsii drevnego tekhnogenogo vozdeystviya (na primere «Strany gorodov»)* [Paleecology of Ancient Communities – an Attempt to Reconstruct an Ancient Technogenic Impact (on the Example of the «Country of Cities»)]. *Vestnik Chelyabinskogo Gosudarstvennogo Universiteta*, 2(3): 125–141.

- Kazdym A.A. 2006. Tekhnogennyye otlozheniya drevnikh i sovremennykh urbanizirovannykh territoriy (paleoekologicheskii aspekt) [Technogenic Deposits of Ancient and Modern Urbanized Territories (Paleoecological Aspect)]. Moscow, Publ. Nauka, 158 p.
- Kalinin P.I., Alekseev O.A. 2008. Geochemical Characteristics of the Holocene Layer Soils of the Privolzhskaya Hills Steppes. Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geocology, 1: 9–15 (in Russian).
- Kalinin P.I., Alekseev A.O., Savko A.D. 2009. Lessy, paleopochvy i paleogeografiya kvartera yugovostoka Russkoy ravniny [Loess, Paleosoils and Paleogeography of the Quarterland of the South-East of the Russian Plain]. Trudy nauchno-issledovatel'skogo instituta geologii Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta, 58: 1–139.
- Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR [Classification and Diagnostics of Soils of the USSR]. 1977. Moscow, Publ. Kolos, 223 p.
- Lomov S.P., Solodkov N.N. 2016. Geochemical Conditions of the Development of Modern and Buried Soils of the Middle Volga Region. Izvestiya Saratov University. Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 16(1): 10–13 (in Russian).
- Pampura T.V., Meili M., Holm K., Kandodap F., Probst A. 2019. Buried Paleosols as Reference Objects for Assessing the Current Level of Soil Pollution with Lead in the Lower Volga Steppes. Eurasian Soil Science, 52(1): 34–49 (in Russian). DOI: 10.1134/S1064229319010113
- Plekhanova L.N. 2017. Buried Soils of Archaeological Objects as the Base of Paleoclimatic Reconstructions Second Half of the Holocene. Problems of ecological monitoring and modeling of ecosystems, 28(3): 33–50 (in Russian). DOI: 10.21513/0207-2564-2017-3-33-50
- Pochvy i rastitel'nost' yuga Srednerusskoy vozvyshennosti v usloviyakh menyayushchegosya klimata: monografiya [Soils and vegetation of the south of the Central Russian upland in a changing climate: a monograph] / Yu. G. Chendev [et al.] – Belgorod: Constant, 2016. – 326 p. (in Russian).
- Prikhodko V.E., Azarenko Y.A., Shayakhmetov M.R., Tishkin A.A., Gorbunov V.V., Pivovarova E.G. 2020. Reconstruction of the Climate of the Medieval Epoch Based on Soil and Geochemical Studies of Kurgans of the Srostki Culture in the South of Western Siberia. Eurasian Soil Science, 53(3): 267–282 (in Russian). DOI: 10.1134/S1064229320030059
- Ryskov Ya.G., Demkin V.A. 1995. Rezul'taty estestvenno-nauchnogo izucheniya kurganov levoberezhnogo Iлека [The Results of the Natural Science Study of the Mounds of the Left-Bank Ilek]. Kurgany levoberezhnogo Iлека, 3: 62–63.
- Spiridonova E.A. 1991. Evolyutsiya rastitel'nogo pokrova basseyna Dona v verkhnem pleystotsene – golotsene [Evolution of the Vegetation Cover of the Don Basin in the Upper Pleistocene – Holocene]. Moscow, Publ. Nauka, 220 p.
- Tatianchenko T.V., Alekseeva T.V., Kalinin P.I. 2013. Mineralogical and Chemical Compositions of the Paleosols of Different Ages Buried Under Kurgans in the Southern Ergeni Region and Their Paleoclimatic Interpretation. Eurasian Soil Science, 46(4): 341–354 (in Russian). DOI: 10.1134/S1064229313040145
- Chendev Yu.G. 2005. Estestvennaya i antropogennaya evolyutsiya lesostepnykh pochv Srednerusskoy vozvyshennosti v golotsene [Natural and Anthropogenic Evolution of Forest-Steppe Soils of the Central Russian Upland in the Holocene]. Abstract. diss. ... doc. geogr. sciences. Moscow, 47 p.
- Chendev Yu.G., Petin A.N., Berezutsky V.D., Dolgikh A.V., Belevantsev V.G., Dudin D.I. Holocene Signals of Climatic Humidity in Chernozem Soils of Different Historical Periods within Center of Eastern Europe. News of higher educational institutions. North Caucasian region. Series: Natural Sciences, 3(191): 100–109 (in Russian).
- Goldberg K., Humayun M. 2010. The Applicability of the Chemical Index of Alteration as a Paleoclimatic Indicator: An Example from the Permian of the Paraná Basin, Brazil. Palaeogeog, Palaeocli, Palaeoecol, 293(1–2): 175–183. DOI: 10.1016/j.palaeo.2010.05.015
- Retallack G.J. 2003. Soils and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time. Treatise on Geochemistry, 5: 581–605.

*Поступила в редакцию 13.03.2023;
поступила после рецензирования 11.04.2023;
принята к публикации 01.06.2023*

*Received March 13, 2023;
Revised April 11, 2023;
Accepted June 01, 2023*



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

Соляной Антон Васильевич, аспирант кафедры природопользования и земельного кадастра, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Anton V. Solyanoi, Post-graduate Student of the Department of Environmental Management and Land Cadastre of Institute of Earth Sciences of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

УДК 911.31
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-205-216

Альтернативная энергетика стран БРИКС: компаративный анализ

Демидионов М.Ю.

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена
Россия, 191086, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, 48,
E-mail: demidionovforwork@gmail.com

Аннотация. Использование восстанавливаемых источников энергии рассмотрено в контексте «зелёной» энергетики, которая оказывает минимальное воздействие на окружающую среду. В условиях «жёсткой» экономической глобализации каждая из стран БРИКС особое значение придаёт развитию альтернативной энергетики. Изучены причины (в том числе и социальные), оказывавшие влияние на динамику роста доли альтернативных источников энергии в различных странах альянса. Сделан акцент на перспективный переход к углеродной нейтральности, столь популярный в XXI веке. Констатируется отсутствие общей стратегии развития альтернативной энергетики у рассматриваемых стран и отставание в темпах её развития от стран «Большой семёрки». В этой связи делается вывод о необходимости объединения усилий для развития в странах БРИКС «зелёной» энергетики. Прежде всего это касается разработки соответствующей стратегии и обсуждения вопросов по её реализации в рамках альянса.

Ключевые слова: «зелёная» энергетика, углеродная нейтральность, развивающиеся экономики, гидроэнергетика, БРИКС

Для цитирования: Демидионов М.Ю. 2023. Альтернативная энергетика стран БРИКС: компаративный анализ. Региональные геосистемы, 47(2): 205–216. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-205-216

Alternative Energy of the BRICS Countries: Comparative Analysis

Mihail Yu. Demidionov

Herzen State Pedagogical University of Russia,
48 Moyka river emb., Saint-Petersburg 191086, Russia
E-mail: demidionovforwork@gmail.com

Abstract. The article is devoted to the development of the alternative energy sector in the BRICS countries. The dynamics of the development of this type of energy as a whole and its components separately were studied. Special attention is paid to the influence of the formation and development of "green" energy on the amount of carbon dioxide emissions into the atmosphere. The dynamics were calculated both for the BRICS in total and for a number of countries separately. A comparative analysis was carried out, which was based on not only spatial, but also temporal aspects. The reasons (including social ones) that influenced the dynamics of the growth of the share of alternative energy sources in various countries of the alliance have been studied. The topic of a promising transition to carbon neutrality, so popular in the XXI century, is touched upon. As a result of the comparative analysis, conclusions were drawn on the potential cooperation in a given area between the BRICS countries, as well as the prospects of their contribution to the global transition to carbon neutrality.

Key words: «green» energy, carbon neutrality, developing economies, hydro energy, spatial analysis

For citation: Demidionov M.Yu. 2023. Alternative Energy of the BRICS Countries: Comparative Analysis. Regional Geosystems, 47(2): 205–216. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-205-216



Введение

Интерес экспертов к набирающему силу глобальному мегапроекту БРИКС становится всё более пристальным. Перспектива укрепления этого геополитического и геоэкономического альянса с надеждой воспринимается гражданами стран, не входящих в G7 или Евросоюз. Безусловно, данный вопрос не может не волновать элиты западных стран и в первую очередь США. Некоторые авторы фиксируют внимание главным образом на существование многих острых проблем и противоречий внутри стран-партнёров альянса, в частности, на высокий уровень бедности населения, отсталость от стран «Большой семёрки» по уровню торговли товарами и услугами и ориентацию на экспорт природных ресурсов (за исключением КНР), несовместимость институциональных систем, политического устройства и т. д. Отмечается также тот факт, что государства нового союза до сих пор не приняли учредительный договор, что является правовой основой деятельности любой международной организации.

Сторонники же углубления партнёрства стран БРИКС обращают внимание на аспекты, которые ассоциируются с взаимодополняемостью их экономик и разработкой перспективных планов развития сотрудничества [Lima et al., 2010; Xingang et al., 2012; Vyas-Doorgapersad, 2022]. Правительства стран – членов союза исходят из необходимости поиска конкретных путей для институционализации партнёрства, создания зоны свободной торговли для стимулирования обмена готовыми товарами и ресурсами и т. д.

Совместная работа в рамках БРИКС позволяет более интенсивными темпами развивать экономику, в частности, за счёт совместных проектов [Информационный портал..., 2022]. Особое значение в развитии конкурентоспособности и интеграции стран БРИКС в условиях «жёсткой» экономической глобализации приобретают вопросы сотрудничества в сфере энергетики, в частности и вопрос инвестиций в «зелёную» энергетику [Zeng et al., 2017; Van Soest, 2018]. Они важны не только для обеспечения национальной, но и энергетической безопасности стран союза. Можно привести конкретные примеры сотрудничества в данной сфере, истоки которого восходят к предшествующим образованию союза годам (в их числе российско-индийский совместный проект по строительству АЭС «Куданкулам», многолетний энергетический диалог «Россия – Китай» и др.) [Родионова и др., 2017].

Важно отметить, что большая часть современных исследователей занимается вопросом потенциала развития альтернативной энергетики стран альянса, в том числе и России [Лапаева и др., 2019]. При этом вопрос рассматривается как на уровне БРИКС в целом, так и отдельных стран. К примеру, Джабин [Jabeen et al., 2023] в своей статье рассматривает причины медленного развития «зелёной» энергетики Южно-Африканской республики, А. Резерфорд [Rutherford, 2020] обращает внимание на взаимосвязь альтернативной энергетики и энергетической безопасности Бразилии. В свою очередь, Акрам [Akram et al., 2020] применяет математические методы исследования при изучении вопроса взаимосвязи развития «зелёной» энергетики и выбросов углекислого газа стран БРИКС.

Цель данной работы – проанализировать динамику развития альтернативной энергетики стран БРИКС и выявить причины, имевшие влияние на темпы её развития, а также рассмотреть влияние структуры энергетики стран альянса на состояние окружающей среды.

Объекты и методы исследования

Объектом настоящего исследования служит альтернативная энергетика стран БРИКС, ориентированных на системы возобновляемых источников энергии (ВИЭ), которые получают всё большее развитие в мировой энергетике.

Основные мотивационные причины мирового движения за отказ от углеродной экономики давно уже приобрели аксиоматический характер. Они связаны с выбросами CO₂ от сжигания угля, нефти, природного газа в атмосферу и эффектом глобального потепления. И хотя оценка проблемы потепления не является «консенсусной», ущербная деятельность

человека в этом отношении практически не подвергается сомнению. Поэтому вложение ведущими странами мира огромных средств в «зелёную» энергетику для минимизации выбросов парниковых газов стало очевидным фактом.

Экономики стран БРИКС принято позиционировать как развивающиеся, о чём говорят, в частности, показатели ВВП (табл. 1). Учитывая то, что для экономик данного типа требуется большая ресурсная база для развития, важно оценить какова роль этих стран в целом и каждой в отдельности в вопросе воздействия на экосистему.

Таблица 1
Table 1ВВП на душу населения по данным Всемирного банка [The World Bank, 2022]
GDP per capita according to the World Bank [The World Bank, 2022]

Страна	ВВП (ППС), млн. долларов (2021 год)	ВВП на душу населения, доллары США (2021 год)
Россия	4,785,445	32803 (55 место в мире)
Бразилия	3,435,882	16056 (82 место в мире)
Индия	10,218,572	7334 (120 место в мире)
Китай	27,312,548	19338 (71 место в мире)
ЮАР	865,816	14420 (90 место в мире)

В 2016 году большей частью стран мира было подписано известное Парижское соглашение, главной целью которого являлось удержание роста глобальной средней температуры [The Paris Agreement, 2023]. Для достижения данной цели планируется прекратить рост эмиссии углекислого газа в первую очередь за счёт сокращения выбросов в атмосферу, в том числе и с помощью развития альтернативной энергетики [Ханиев, 2019; Öztürk, Suluk, 2020].

В предлагаемой работе они измеряются не в классическом показателе выбросов углекислого газа, а в выбросах именно парниковых газов (GGE), которые в свою очередь измеряются в миллионах тонн в эквиваленте диоксида углерода (MtCO₂Eq). Согласно официальной статистике, страны, входящие в БРИКС, при производстве энергии суммарно производят около 43 % мировых выбросов парниковых газов (на 2020 год). Причём их доля выросла более чем в 1,5 раза за период с 2000 по 2020 год [ТАСС..., 2023]. В данной ситуации развитие «зелёной» энергетики, безусловно, является одним из решений, которое может позволить достигнуть целей, поставленных в рамках Парижского соглашения. Следовательно, необходимо тщательно анализировать современное состояние данного сектора энергетики, а также производить оценку потенциала на различных уровнях: как на региональном, так и на глобальном.

Результаты и их обсуждение

На 1990 год страны, которые ныне входят в БРИКС имели достаточно весомую долю (26,3 %) выбросов парниковых газов (рис.1). К началу XXI в. значимого роста не произошло, несмотря на стремительный промышленный рост Китая. В первую очередь причина кроется в кризисе, происходившем в России после распада СССР.

Чаще всего количество выбросов в атмосферу коррелирует со стадией промышленного развития страны. Для эффективного роста производства необходимо большое количество энергии, производство которой неразрывно связано с атмосферным загрязнением. Это особенно актуально для XX в., когда альтернативная энергетика была развита не так сильно и главенствовали традиционные методы добычи энергии. После обрушения экономической мощи Советского Союза многие отрасли, в том числе и энергетика, на территориях бывшего СССР пошли на спад.

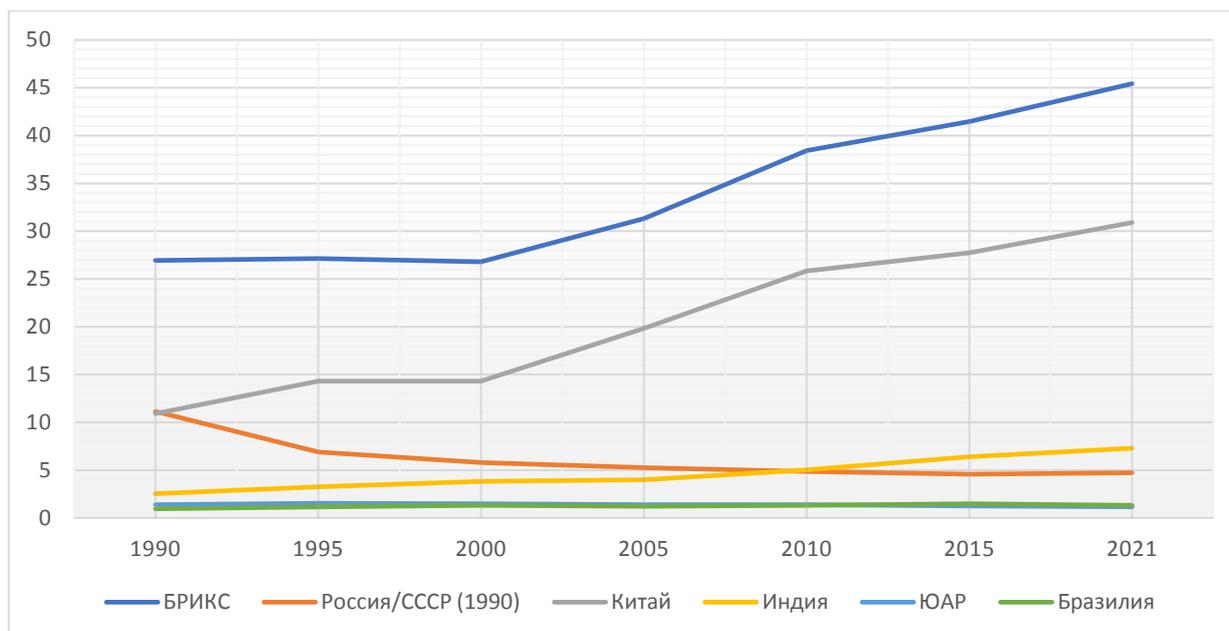


Рис. 1. Доля стран БРИКС (%) в мировых выбросах парниковых газов [Our World..., 2023]
 Fig. 1. The share of BRICS countries (%) in global greenhouse gas emissions [Our World..., 2023]

В свою очередь промышленность КНР наращивала обороты и уже к 2000 году показатель выбросов парниковых газов в атмосферу составил 3425 MtCO₂Eq (рис. 2). Однако этот показатель ещё не был столь критичным. Например, главный экономический конкурент Китая – США в том же году выбрасывал в атмосферу 6045 MtCO₂Eq при суммарных мировых значениях равных 26207 MtCO₂Eq. Спустя 10 лет показатели КНР выросли на 147 % (достигнув значения в 8485 MtCO₂Eq), а в США наоборот произошло падение на 5,7 % (5700 MtCO₂Eq) [IEA. Greenhouse Gas, 2022].

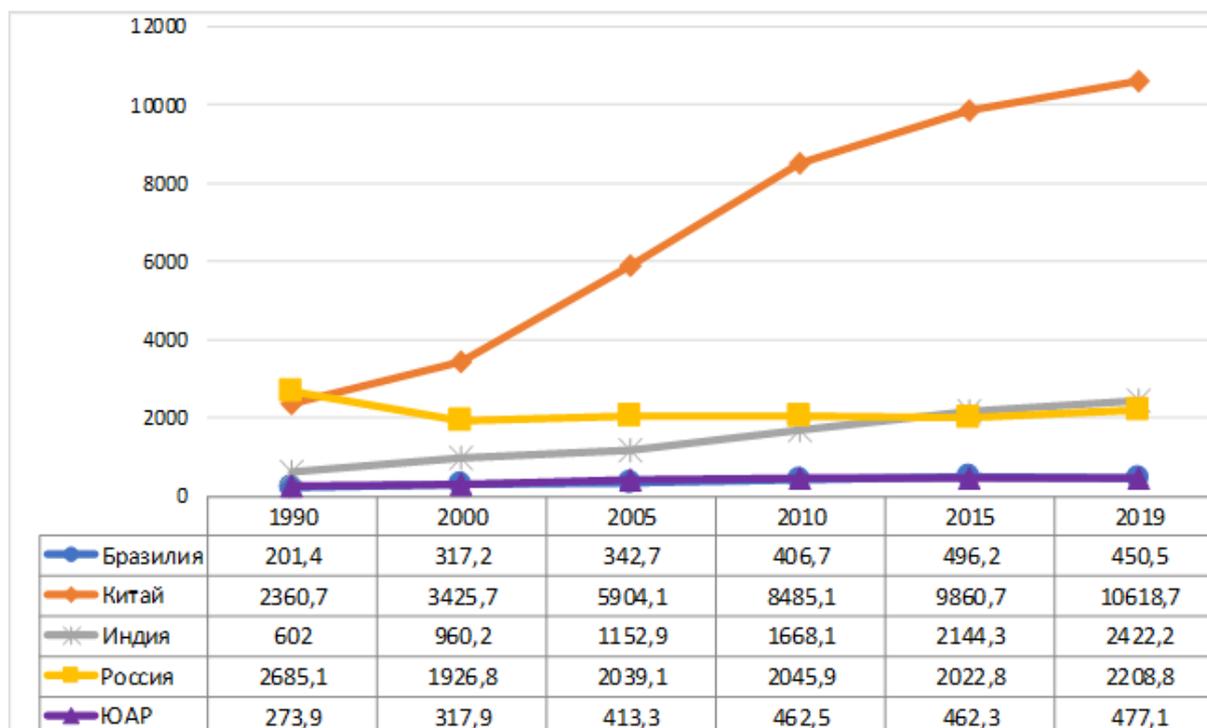


Рис. 2. Выбросы парниковых газов стран БРИКС в MtCO₂Eq [IEA,2022]
 Fig. 2. Greenhouse gas emissions of the BRICS countries in MtCO₂Eq [IEA,2022].

Причина такой динамики кроется в процессах, происходивших в экономиках двух вышеупомянутых стран. Если Китай (как и другие страны БРИКС) – страна с развивающейся экономикой (среднее развитие, по данным МВФ и ООН), то США имеет развитую экономику. Более того, КНР, как и Бразилию, Индию и ЮАР, многие относят к такому типу, как НИС – новые индустриальные страны, а именно страны, совершившие серьёзный экономический скачок за последние десятилетия. Безусловно, такой скачок не мог не сказаться на загрязнении окружающей среды, что видно и по выбросам парниковых газов. Как следствие, все страны БРИКС имели прирост по данному показателю.

Основной причиной стремительного роста выбросов является активный промышленный рост Китая, который создавал и создаёт большую нагрузку на энергетическую систему страны. Помимо КНР стоит отметить Индию, где промышленное развитие было весьма активным в последние десятилетия. В этих двух странах, входящих в БРИКС, рост выбросов за пять лет увеличился на 40 %, причём Китай достигал данных показателей дважды (см. рис. 2). Более того, коэффициент корреляции между динамикой ВВП на душу населения (1990–2019 гг.) и количеством выбросов парниковых газов за те же годы наиболее велик именно для этих двух стран [IEA. Greenhouse Gas, 2022].

Тенденция роста выбросов, характерна и для других стран, входящих в БРИКС, однако масштабы не столь критичны (табл. 2).

Таблица 2
Table 2Рост выбросов парниковых газов (MtCO₂Eq) за пятилетний период [IEA, 2022]
Growth of greenhouse gas emissions (MtCO₂Eq) over a five-year period [IEA, 2022]

Страны	1995	2000	2005	2010	2015	2019
Бразилия	21,4995	29,6281	8,0391	18,6752	22,0064	–9,2100
Китай	36,6967	6,1574	72,3473	43,7154	16,2119	7,6871
Индия	27,9069	24,7013	20,0687	44,6873	28,5475	12,9599
Россия	–25,7383	–3,3701	5,8283	0,3335	–1,1291	9,1952
ЮАР	7,7035	7,7627	30,0094	11,9042	–0,0432	3,2014
США	5,3795	12,2146	–0,4136	–5,3156	–6,0526	–2,0355
Мир	3,8961	8,5327	16,2366	12,2265	5,7922	4,0434

* MtCO₂Eq – аббревиатура от миллиона тонн эквивалента углекислого газа.

Согласно данным, отображённым на рис. 2, в последнее десятилетие темпы роста выбросов немного уменьшились вследствие многих факторов. К примеру, Китай с 2010 года перешёл от периода «второй индустриализации» на более технологически совершенный (и, как следствие, экологически более чистый) этап – «новой индустриализации» (12-я и 13-я пятилетки) [Чжан, 2021]. Это повлекло за собой небольшое снижение роста выбросов. Кроме того, многие развивающиеся страны мира стали обращать внимание на альтернативную энергетику. Безусловно, в большинстве случаев её доля в общем обороте энергии крупных стран не так велика и утопично будет считать, что с её помощью можно поддерживать промышленный рост крупных государств. Однако она не только обладает потенциалом к развитию, но и сейчас позволяет покрывать ряд нужд в энергетической отрасли.

Ярким примером данного суждения является энергетический сектор Бразилии. По данным на 2020 год, около 86 % всей электроэнергии страны производится с помощью ГЭС (наиболее безопасным среди классических энергопроизводителей) и альтернативных источников энергии, причём 64 % приходится на гидроэнергетику (рис. 3).

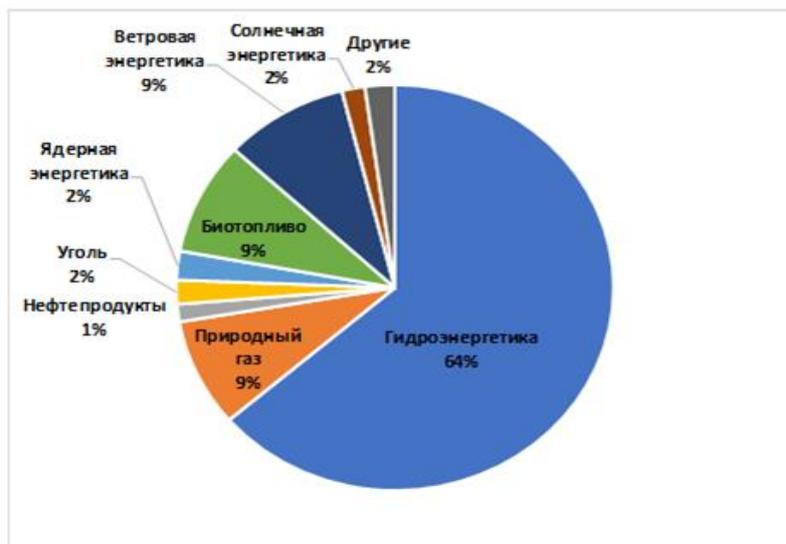


Рис. 3. Структура производства электроэнергии-брутто в Бразилии за 2020 год [Hydroreview, 2022]
Fig. 3. The structure of gross electricity production in Brazil for 2020 [Hydroreview, 2022]

Это стало возможным благодаря тому, что в стране много мощных рек и рек, протекающих по довольно сложному рельефу, в частности Бразильского плоскогорья. Поэтому большее количество ГЭС расположены на южных реках страны (Парана, Игуасу, Уругвай). Учитывая данный фактор, а также большую долю гидроэнергетики в общей выработке, основная нагрузка (61 %) ложится на штаты, входящие в южный, юго-восточный и центрально-западный регионы страны (кстати, их суммарная площадь в 2 раза меньше, чем площадь двух других регионов) [IEA. Brazil, 2022].

В последние десятилетия под влиянием ряда факторов, в числе которых уменьшение водного потенциала, Бразилия перешла на развитие ветровой и солнечной энергетики. И если солнечные панели пока что имеют достаточно скромные показатели, то, благодаря инвестициям в развитие ветровых электростанций (ВЭС), с 2010 года они вышли на третье место по общей выработке электроэнергии (после ГЭС и тепловой энергетики). Большая часть ветровых электростанций страны расположена на Атлантическом побережье (штаты Байя, Мараньян, Рио-Гранди-ду-Сул, Рио-Гранди-ду-Норте). Главным фактором такого размещения стали постоянные ветра, дующие с Южно-Атлантического и Азорского максимумов.

Благодаря мерам по развитию «зелёной» энергетики, удалось компенсировать падение показателей гидроэнергетики, образовавшееся после 2010 года (рис. 4). Определённые параллели можно усмотреть между данным явлением и тем, что последний крупный прирост выбросов парниковых газов (22 %) произошёл в период с 2010 по 2015 год (см. табл. 2). Данную гипотезу подтверждает тот факт, что в период активного развития ВЭС, вкупе с небольшим ростом выработки солнечных батарей, Бразилия показала отрицательную динамику по выбросам (– 9,1 %).

Суммируя вышесказанное, важно отметить, что альтернативная энергетика играет важную роль в современной Бразилии. Несмотря на то, что с позиции современной науки крупные ГЭС не входят в понятие альтернативной энергетики (в классическом её понимании), доля гидроэнергетики в ней всё же существенна [Hydroreview, 2023]. Причиной этого являются микро (установленной мощностью до 3000 кВт) и мини (3000–30000 кВт, с площадью резервуара до 13 км²) ГЭС. На территории страны функционирует 1161 станция указанных типов, однако их суммарная мощность составляет 5 % от мощности крупных ГЭС.

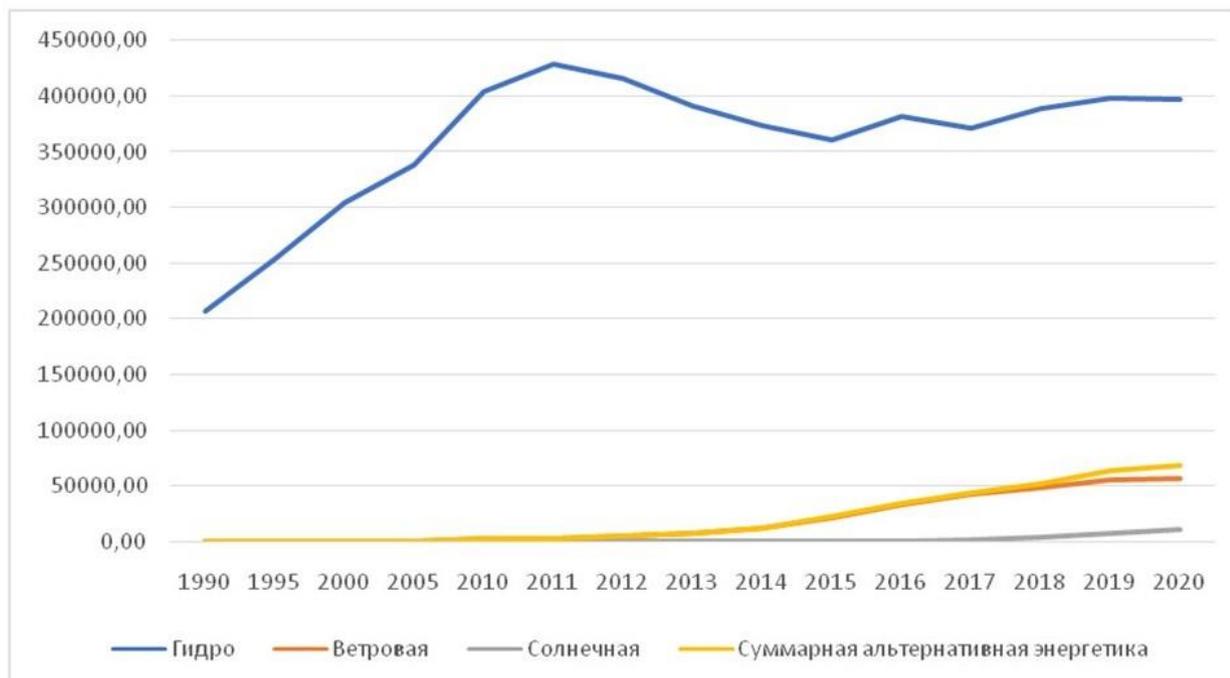


Рис. 4. Годовая выработка электричества Бразилии (гигаватт-часов) [IEA, 2022]
Fig. 4. Brazil's annual electricity generation (gigawatt-hours) [IEA, 2022]

Ещё в одной стране БРИКС, находящейся в южном полушарии – ЮАР, энергетическая модель в корне отличается от бразильской. Большую часть сектора занимают электростанции, работающие на угле. Причём их доля мало изменилась за последние 30 лет. Если в 1990 году на таких ТЭС производилось 93 % энергии страны, то в 2020 году доля упала до 87 % [IEA. South Africa, 2022; EES EAEC, 2023]. Причиной такого «засилья» одного источника энергии стала не только большая ресурсообеспеченность страны углём, но и политические преобразования внутри страны, которые не могли не сказаться на экономике и, в частности, энергетике. В первую очередь речь идёт об апартеиде, отголоски которого до сих пор оказывают влияние на ситуацию в ЮАР. Одна из особенностей Южно-Африканской сегрегации – прибыльный бизнес, что отразилось на энергетике страны с развивающейся промышленностью. С учётом дешёвой рабочей силы, обеспеченной апартеидом, в республике строилось большое количество малозатратных станций, работающих на угле.

При этом ЮАР обладала и обладает большим гидропотенциалом, но несмотря на это в 1990 году на долю ГЭС приходилось лишь 1,7 % общей выработки (2,2 % на 2020 год).

Важно отметить, что производство электроэнергии в ЮАР является практически монопольным и принадлежит корпорации ESCOM и в данном случае монополия пошла во вред развитию альтернативной энергетики, так как в частности являлась частью бизнеса, которому промышленное развитие страны обеспечивало процветание [Вестник РусГидро, 2022].

После прихода к власти правительства Манделы (1994 год) свою роль сыграла уже отмена апартеида. При упомянутом режиме многие кварталы, где проживало чернокожее население, подвергались своего рода «ресурсной блокаде», а именно: там не было ни электричества, ни водопровода. Новая власть взяла курс на равенство в данной сфере и потребовалось отыскивать мощности для обеспечения как жилых массивов, так и продолжающей свой рост промышленности. ESCOM приступил к строительству новых ТЭС. В результате 45 % углеродных выбросов в стране происходят с ТЭС вышеупомянутой корпорации.

Однако в последние годы ситуация с альтернативной энергетикой в стране стала медленно меняться. Страна обладает большой ресурсообеспеченностью в данной сфере, в

особенности это относится к ветровой и солнечной энергии. С начала 10-х годов XX века правительство страны стало серьёзно инвестировать в «зелёную» энергетику, что позволило поднять её долю с 0,01 % в 2010 году до 4,5 % в 2020 году. Как следствие этого процесса угольные ТЭС начали понемногу сдавать свои позиции (рис. 5).

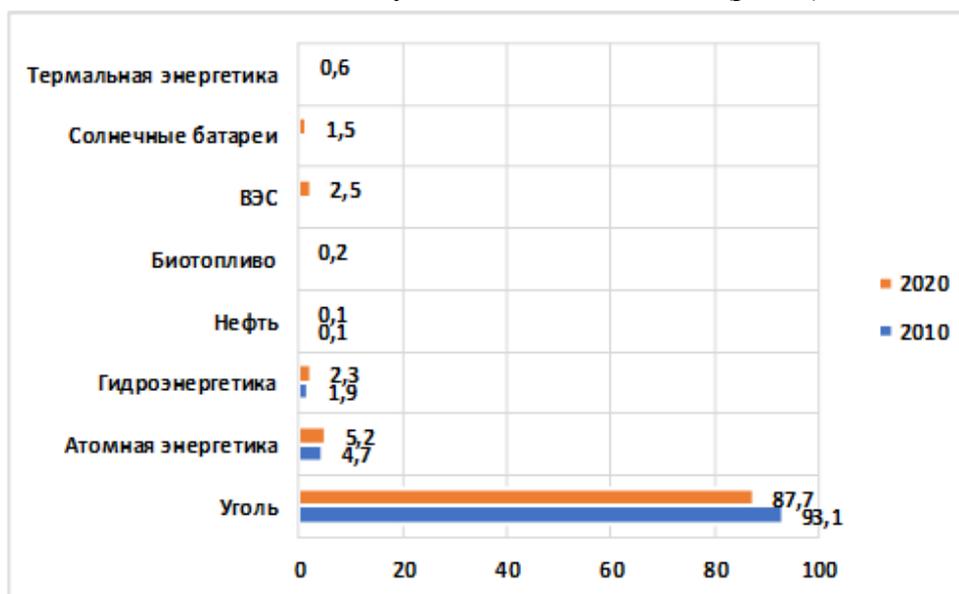


Рис. 5. Доля различных энергоресурсов в общей энергосистеме ЮАР [The World Bank, 2022]
 Fig. 5. The share of various energy resources in the total energy system of South Africa [The World Bank, 2022]

Если посмотреть на общую динамику развития альтернативной энергетики в странах БРИКС, то ЮАР занимает лишь четвёртое место по росту доли в общей выработке энергии. Следует отметить, что развитие энергетики в стране началось на 5 лет позже, чем в других, причины данного явления были описаны выше (рис. 6). Учитывая потенциал и увеличение инвестиций в данную сферу, есть вероятность того, что ЮАР в ближайшие десятилетия сможет вплотную приблизиться к остальным участникам БРИКС.

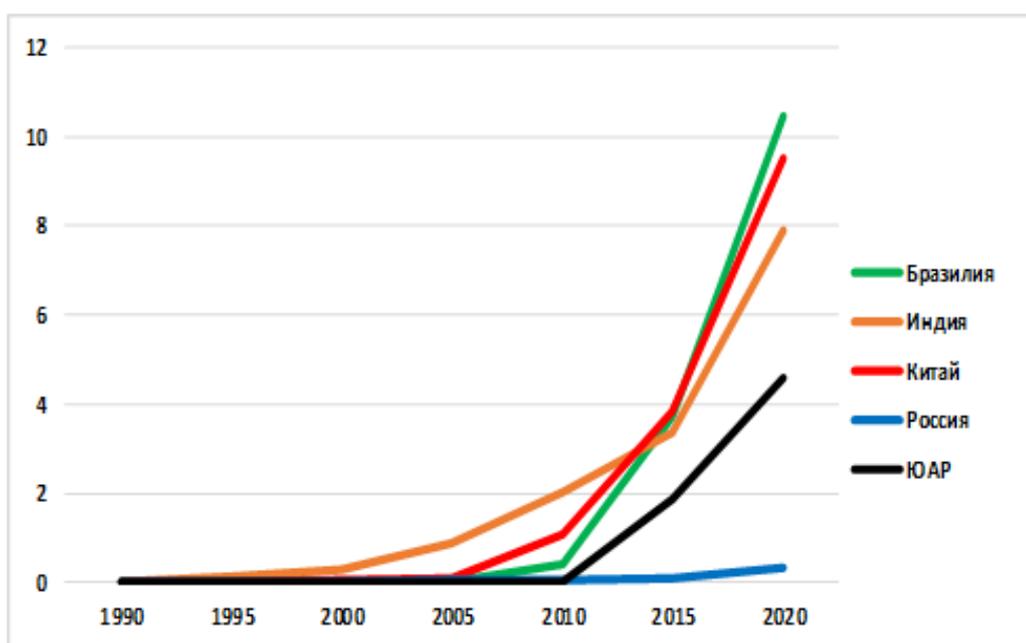


Рис. 6. Рост доли альтернативной энергии в общей энергосистеме стран БРИКС
 Fig. 6. The growth of the share of alternative energy in the total energy system of the BRICS countries

С развитием «зелёной» энергетики приостановился рост выбросов парниковых газов. В период с 2010 по 2015 год наблюдалось их небольшое снижение, а с 2015 до 2019 год прирост составил лишь 3 %. Учитывая то, что в ЮАР количество выбросов в большей степени связано с энергетическим комплексом (45 %), можно утверждать, что между этими тенденциями есть прямая связь.

Заключение

Проведённый сравнительный анализ не затрагивает многих проблем теоретического и институционального порядка, имеющих отношение к развитию альтернативной энергетики. Ведь сам факт глобального потепления не доказан с помощью железных аргументов и роль углекислого газа в процессах изменения климата трактуется авторами по-разному. Иногда высказывается мнение, что если все добываемые на Земле углеводороды превратятся в CO₂ (немалая часть горючих ископаемых утилизируется в процессе органического синтеза), то объём приращённой массы углекислоты составит ничтожную величину (гораздо менее 1 %) от свободной углекислоты, имеющейся в природе [Hydroreview, 2022; IEA, 2021].

Поэтому программы стран БРИКС в области развития альтернативной энергетики базируются не только на фундаменте Киотского протокола, который, по мнению многих авторов, весьма зыбок. Учитываются перспективы предстоящего исчерпания запасов нефти и газа, возможности наладить производство оборудования для изготовления пеллет (древесного возобновляемого топлива), а также дороговизна таких способов получения энергии, как ветряки, солнечные батареи, приливные станции.

Существенное отставание Российской Федерации в развитии и внедрении ВИЭ объясняется не столько отставанием научной мысли в данной области и недостатками государственных механизмов стимулирования таких источников энергии, сколько недостаточной обеспеченностью запасами углеводородов. В сложившихся условиях, кроме определённых трудностей (больших затрат на новые технологии в области ВИЭ, длительных сроков перехода на новые технологии, отсутствия необходимых природных условий в местах концентрации производства и населения для развития гелиоэнергетики и ветроэнергетики), существенную роль играют интересы обороноспособности страны [Лапаева, 2019].

Подводя итоги, следует напомнить, что государства БРИКС нельзя однозначно назвать союзниками из-за наличия колоссальных различий между ними. Страны существенно различаются не только по экономическим моделям развития, но и по политическому устройству, культурным и религиозным традициям, и т. д. Можно констатировать не только отсутствие общей стратегии развития альтернативной энергетики у рассматриваемых стран, но и отставание в темпах её развития от стран «Большой семёрки», а также различные взгляды на выбор перспективных ВИЭ. Между тем сотрудничество в рамках альянса, направленное в частности на координацию действий в ответ на глобальные экономические вызовы и угрозы, а также объединение усилий для развития в странах инновационной экономики определяет создание такой стратегии и обсуждение вопросов по её реализации в рамках альянса.

Список источников

- Вестник РусГидро. В жаркой Южной Африке... Электронный ресурс. URL: <https://www.vestnik-rushydro.ru/articles/3-mart-2018/v-mire/v-zharkoy-yuzhnoy-afrike/> (дата обращения 31.12.2022).
- Информационный портал БРИКС. Электронный ресурс. URL: <https://infobrics.org/> (дата обращения 26.10.2022).



- ТАСС. Россия увеличит долю возобновляемых источников энергии в 10 раз. Электронный ресурс. URL: <https://tass.ru/ekonomika/11787295> (дата обращения 12.01.2023).
- EES EAEC. Мировая энергетика. Электроэнергетический комплекс Бразилии. Электронный ресурс. URL: www.eeseaec.org/elektroenergeticeskij-kompleks-brazilii (дата обращения: 05.01.2023).
- Hydroreview. Researchers to quantify GHG emissions from hydropower reservoirs. Электронный ресурс. URL: www.hydroreview.com/technology-and-equipment/u-s-researchers-to-quantify-ghg-emissions-from-hydropower-reservoirs/ (дата обращения: 05.01.2023).
- IEA. Brazil. Электронный ресурс. URL: www.iea.org/countries/brazil (дата обращения: 26.10.2022).
- IEA. Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer, IEA, Paris. 2021. Электронный ресурс. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer> (date application: 30.10.2022).
- IEA. South Africa. Электронный ресурс. URL: www.iea.org/countries/south-africa (date application: 05.01.2023)
- Our World In Data. Электронный ресурс. URL: <https://ourworldindata.org/> (date application: 21.02.2023)
- The Paris Agreement. What is the Paris Agreement? Электронный ресурс. URL: www.unfccc.int/ (date application: 05.01.2023).
- The World Bank. World Development Indicators. Электронный ресурс. URL: <https://www.databank.worldbank.org/> (date application: 25.12.2022).

Список литературы

- Лапаева О.Ф., Иневатова О.А., Дедеева С.А. 2019. Современные проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса. Экономические отношения, 9(3): 2129–2142. DOI: 10.18334/eo.9.3.40815
- Родионова И.А., Черняев М.В., Шувалова О.В. 2017. Оценка потенциала БРИКС в мировой энергетике. Фундаментальные исследования, 6: 175–184.
- Ханиев Р.М. 2019. Влияние альтернативной энергетики на экологическое состояние окружающей среды (ветровая и солнечная энергетика). В кн.: Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе. Материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых и специалистов, посвященной 20-летию создания кафедры электроэнергетики, Тюмень, 18–20 декабря 2019. Тюмень, Тюменский индустриальный университет: 203–205.
- Чжан Б. 2021. Промышленная политика Китая: ретроспективный анализ. В кн.: Тенденции экономического развития в XXI веке. Материалы III Международной научной конференции, Минск, 01 марта 2021. Минск, Белорусский госуниверситет: 805–807.
- Akram R., Majeed M., Fareed Z., Khalid F., Ye Ch. 2020. Asymmetric Effects of Energy Efficiency and Renewable Energy on Carbon Emissions of BRICS Economies: Evidence from Nonlinear Panel Autoregressive Distributed Lag Model. Environmental Science and Pollution Research, 27: 18254–18268. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119122
- Jabeen G., Ahmad M., Zhang Q. 2023. Towards Sustainable Environment: Why Green Energy Technology Diffusion is Sluggish in South Africa? Environmental Science and Pollution Research, 30: 22653–22667. DOI: 10.1007/s11356-022-23642-0
- Lima C., Lall U. 2010. Climate Informed Long Term Seasonal Forecasts of Hydroenergy Inflow for the Brazilian Hydropower System. Journal of Hydrology, 381(1–2): 65–75. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2009.11.026
- Xingang Zh., Lu L., Xiaomeng L., Jieyu W., Liu P. 2012. A Critical-Analysis on the Development of China Hydropower. Renewable Energy, 44: 1–6. DOI: 10.1016/j.renene.2012.01.005
- Öztürk S., Suluk S. 2020. The Relationship between CO2 Emission, Energy and Economic Growth: An Empirical Analysis for the G7 Countries. International Journal of Management, 8(11): 16–24.

- Rutherford A. 2020. Energy Security and Green Energy in Brazil: The Discourse of Economic Development. In: *Energy Security and Green Energy*. Springer, Cham.: 65–102. DOI: 10.1007/978-3-030-45555-2_3
- Van Soest H., Den Elzen M., Forsell N., Esmeijer K., Van Vuuren D. 2018. Global and Regional Greenhouse Gas Emissions Neutrality: Implications of 1.5°C and 2°C scenarios for reaching net zero greenhouse gas emissions. PBL Publishers, Netherlands Environmental Assessment Agency, 110 p.
- Vyas-Doorgapersad Sh. 2022. The Role of BRICS in Global Governance to Promote Economic Development. *Africa's Public Service Delivery & Performance Review*, 10(1): a633. DOI: 10.4102/apsdpr.v10i1.633
- Zeng Sh., Liu Y., Liu Ch., Nan X. 2017. A Review of Renewable Energy Investment in the BRICS Countries: History, Models, Problems and Solutions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74: 860–872. DOI: 10.1016/j.rser.2017.03.016

References

- Lapaeva O.F., Inevatova O.A., Dedeeva S.A. 2019. Modern Problems and Prospects of Development of Fuel and Energy Complex. *Journal of International Economic Relations*, 9(3): 2129–2142 (in Russian). DOI: 10.18334/eo.9.3.40815
- Rodionova I.A., Chernyaev M.V., Shuvalova O.V. 2017. Estimation of the BRICS Potential in the World Energy. *Fundamental research*, 6: 175–184 (in Russian).
- Khaniev R.M. 2019. Vliyaniye alternativnoy energetiki na ekologicheskoye sostoyaniye okruzhayushchey sredy (vetrovaya i solnechnaya energetika) [The Influence of Alternative Energy on the Ecological State of the Environment (Wind and Solar Energy)]. In: *Energoberezeniye i innovatsionnyye tekhnologii v toplivno-energeticheskom komplekse* [Energy saving and innovative technologies in the fuel and energy complex]. Materials of the National Scientific and Practical Conference of Students, postgraduates, scientists and specialists with international participation, dedicated to the 20th anniversary of the establishment of the Department of Electric Power Engineering, Tyumen, 18–20 December 2019. Tyumen, Publ. Tyumen Industrial University: 203–205.
- Zhang B. 2021. China's Industrial Policy: A Retrospective Analysis. In: *Trends in Economic Development in the 21st Century*. Proceedings of the III International Scientific Conference, Minsk, 01 March 2021. Minsk, Publ. Belarusian State University: 805–807 (in Russian).
- Akram R., Majeed M., Fareed Z., Khalid F., Ye Ch. 2020. Asymmetric Effects of Energy Efficiency and Renewable Energy on Carbon Emissions of BRICS Economies: Evidence from Nonlinear Panel Autoregressive Distributed Lag Model. *Environmental Science and Pollution Research*, 27: 18254–18268. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119122
- Jabeen G., Ahmad M., Zhang Q. 2023. Towards Sustainable Environment: Why Green Energy Technology Diffusion is Sluggish in South Africa? *Environmental Science and Pollution Research*, 30: 22653–22667. DOI: 10.1007/s11356-022-23642-0
- Lima C., Lall U. 2010. Climate Informed Long Term Seasonal Forecasts of Hydroenergy Inflow for the Brazilian Hydropower System. *Journal of Hydrology*, 381(1–2): 65–75. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2009.11.026
- Xingang Zh., Lu L., Xiaomeng L., Jieyu W., Liu P. 2012. A Critical-Analysis on the Development of China Hydropower. *Renewable Energy*, 44: 1–6. DOI: 10.1016/j.renene.2012.01.005
- Öztürk S., Suluk S. 2020. The Relationship between CO₂ Emission, Energy and Economic Growth: An Empirical Analysis for the G7 Countries. *International Journal of Management*, 8(11): 16–24.
- Rutherford A. 2020. Energy Security and Green Energy in Brazil: The Discourse of Economic Development. In: *Energy Security and Green Energy*. Springer, Cham.: 65–102. DOI: 10.1007/978-3-030-45555-2_3
- Van Soest H., Den Elzen M., Forsell N., Esmeijer K., Van Vuuren D. 2018. Global and Regional Greenhouse Gas Emissions Neutrality: Implications of 1.5 °C and 2°C scenarios for reaching net zero greenhouse gas emissions. PBL Publishers, Netherlands Environmental Assessment Agency, 110 p.
- Vyas-Doorgapersad Sh. 2022. The Role of BRICS in Global Governance to Promote Economic Development. *Africa's Public Service Delivery & Performance Review*, 10(1): a633. DOI: 10.4102/apsdpr.v10i1.633



Zeng Sh., Liu Y., Liu Ch., Nan X. 2017. A Review of Renewable Energy Investment in the BRICS Countries: History, Models, Problems and Solutions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74: 860–872. DOI: 10.1016/j.rser.2017.03.016

*Поступила в редакцию 11.01.2023;
поступила после рецензирования 17.02.2023;
принята к публикации 15.03.2023*

*Received January 11, 2023;
Revised February 17, 2023;
Accepted March 15, 2023*

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

INFORMATION ABOUT AUTHOR

Демидионов Михаил Юрьевич, аспирант кафедры экономической географии, факультета географии, Российский государственный педагогический университет имени Александра Ивановича Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

Mihail Yu. Demidionov, PhD Student of the Department of Economical Geography, Faculty of Geography of the Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint-Petersburg, Russia



УДК 911.9
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-217-225

Социально-экономическая дифференциация развития муниципальных образований Воронежской области

Тен Р.В., Яковенко Н.В.

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
Россия, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8
E-mail: n.v.yakovenko71@gmail.com

Аннотация. Пространственное развитие регионов тесно связано с их социально-экономическим положением и наличием дифференциации между уровнями экономического развития. Глубокие диспропорции в социально-экономическом развитии замедляют проведение эффективной политики и пространственного сотрудничества, тормозят формирование внутреннего рынка в стране и регионах, обостряют экономические процессы, увеличивают социальное неравенство и напряжение в обществе. Существующая дифференциация регионов имеет существенное влияние не только на состояние отдельного региона и его муниципалитетов, потенциал их пространственного развития, но и обуславливает выбор инструментария стратегического управления региональным и муниципальным развитием. Обоснован методический подход для оценки социально-экономической дифференциации муниципальных образований Воронежской области, в результате которого были выделены группы районов со сходными характеристиками: с высоким, выше среднего, средним, низким и кризисным (депрессивным) уровнями. Отличительной особенностью авторской методики является система индикаторов в разрезе выделенных компонент, результативные методы их обработки. Универсальность данного подхода состоит в возможности экстраполяции на любой субъект РФ.

Ключевые слова: дифференциация, социальное и экономическое развитие, регион, группировка, оценка

Для цитирования: Тен Р.В., Яковенко Н.В. 2023. Социально-экономическая дифференциация развития муниципальных образований Воронежской области. Региональные геосистемы, 47(2): 217–225. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-217-225

Social and Economic Differentiation in the Development of Municipalities in the Voronezh Region

Roman V. Ten, Nataliya V. Yakovenko

Voronezh State University of Forestry and Technologies Named after G.F. Morozov,
8 Timiryazev St, 394087 Voronezh, Russia
E-mail: n.v.yakovenko71@gmail.com

Abstract. The spatial development of regions is closely related to their socio-economic situation and the presence of differentiation between levels of economic development. Profound imbalances in socio-economic development slow down effective policies and spatial cooperation, hinder the formation of the domestic market in the country and regions, exacerbate economic processes, and increase social inequality and tension in society. The existing differentiation of regions has a significant impact not only on the state of an individual region and its municipalities, the potential of their spatial development, but also determines the choice of strategic management tools for regional and municipal development. The methodological approach to assess the socio-economic differentiation of municipalities of the Voronezh region has been substantiated. Based on this approach, groups of districts with similar characteristics were identified: high, above average, average, low and crisis (depressed) levels. The distinctive features of the author's



methodology are the system of indicators in the context of the selected components and productive methods of their processing. The universality of this approach consists in the possibility of extrapolation to any region of the Russian Federation.

Key words: differentiation, social and economic development, region, grouping, assessment

For citation: Ten R.V., Yakovenko N.V. 2023. Social and Economic Differentiation in the Development of Municipalities in the Voronezh Region. *Regional geosystems*, 47(2): 217–225. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-217-225

Введение

Современные процессы социально-экономического развития как в странах мира, так и в России отличаются сложностью, динамичностью и носят разнонаправленный характер. Снижение уровня дифференциации социально-экономического развития в муниципальных районах регионов России, которые отличаются по типам, составу населения, природно-ресурсному потенциалу, географическому расположению и степени участия в общественных процессах, оказывает немалое влияние на благосостояние, качество и уровень жизни, и требует детального анализа, а также переосмысления ключевого подхода к решению данного вопроса. В связи с этим оценка уровня социально-экономической дифференциации приобретает особое значение в современных геополитических и социально-экономических реалиях развития Российской Федерации.

Важным условием регулирования чрезмерной социально-экономической дифференциации является изменение подходов к политике регионального развития, которая в течение длительного периода преимущественно базировалась на централизованных началах и экономическом концепте. Рефлексивный, а не проактивный характер устоявшихся подходов к государственной региональной политике указывает на насущную потребность в формировании и реализации новой политики муниципального (местного) развития.

Объекты и методы исследования

В основу исследования положены официальные статистические данные территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области (в разрезе муниципальных образований)¹. Авторами сформирован научно-методический подход к оценке уровня дифференциации социально-экономического развития муниципалитетов Воронежской области.

Объектом исследования выступили муниципальные образования Воронежской области. Для выполнения работы были получены данные по следующим индикаторам, объединённые в 2 группы:

- экономические: объём платных услуг на душу населения; ввод в действие жилых домов (в м² на 1000 человек населения); отношение суммы объёма розничной торговли и общественного питания на душу населения; объём инвестиций в основной капитал на душу населения.
- социальные: величина средней заработной платы работников организаций; среднее число рождений в течение года на 1000 человек населения в середине текущего года; число смертей в течение года на 1000 человек населения в середине текущего года; отношение числа зарегистрированных преступлений на 100000 человек населения; протяжённость автодорог с твёрдым покрытием в отношении на 10000 км² территории; число больничных коек на 1000 человек населения.

¹ Показатели экономического и социального развития городских округов и муниципальных районов Воронежской области 2020. Статистический сборник. 2020. Воронеж, 168 с.

Временной лаг исследования – 2016–2020 годы.

Методика проведения комплексной оценки социально-экономической дифференциации муниципальных образований подразумевает под собой исполнение последовательных этапов работы, представленных на рисунке (рис. 1).

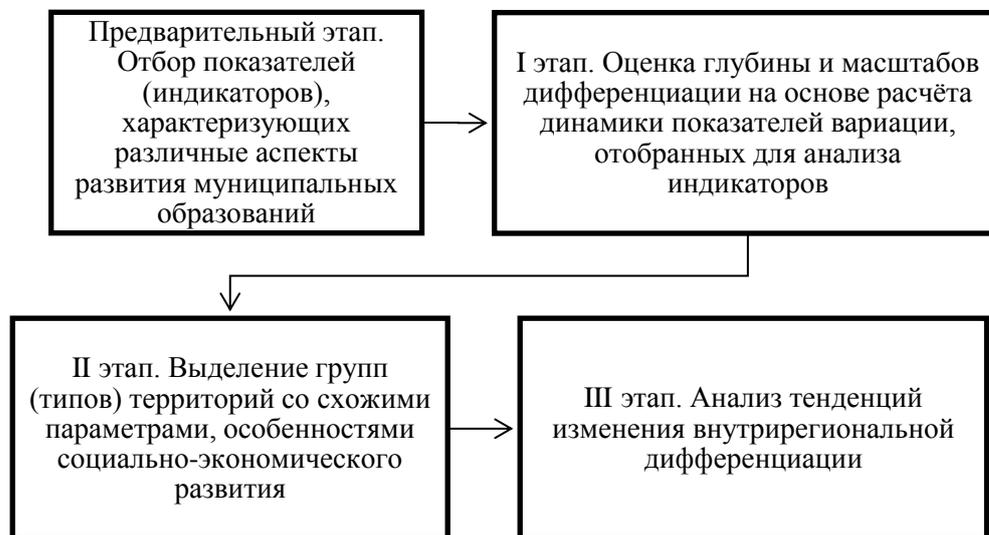


Рис. 1. Алгоритм комплексной оценки территориальной дифференциации социально-экономического развития муниципальных образований
Fig. 1. Algorithm of comprehensive assessment of territorial differentiation of socio-economic development of municipalities

Для расчётов были применены специальные экономико-статистические методы: группировка, сравнение, анализ рядов динамики, геометрической прогрессии и др.

Картирование результатов социально-экономической дифференциации проведено методами ГИС-технологий, в частности *Quantum GIS12*. Исходные социально-экономические показатели обрабатывались при помощи программы *SPSS Statistic 20.0*.

Информационно-аналитическую базу исследования составили статистические материалы Росстата и ТОФСГС по Воронежской области.

Результаты и их обсуждение

Теоретические и практические исследования проблематики социально-экономического развития регионов привлекли в последние годы внимание многих отечественных [Мацкевич, 2004; Климов, 2006; Ворошилов и др., 2018; Закирова, 2018; Ayvazian et al., 2018; Кочкин, 2020; и др.] и зарубежных учёных [Mišek, 2018; Chen et al., 2020; Chu et al., 2022].

Сложность и множественность проявления явления дифференциации социально-экономического развития регионов и муниципалитетов указывает на широкий круг теоретических положений и концептуальных конструкций в части выяснения сущности, предпосылок, факторов и последствий этого процесса. Региональные различия часто связаны с различиями в социально-экономическом развитии [Kubeš, Kebza, 2018; Medeiros, 2019].

Географические различия в социально-экономическом развитии на региональном и местном уровнях не уменьшаются, а, скорее, усиливаются. Это происходит главным образом на фоне растущей глобализации и всё более частых и более серьёзных экономических кризисов [Churski et al., 2021; Yakovenko et al., 2023].

Экономическое и социальное развитие различаются во времени и пространстве. Однако развитие не может осуществляться во всех регионах и провинциях округа одновременно с одинаковой скоростью из-за неравномерного распределения экономических и неэкономических факторов. Другими словами, региональное неравенство связано с региональными ресурсами [Поянова, 2019; Rácz, Egyed, 2022; Zsibók, Egyed, 2022].

Экономические факторы, которые играют важную роль при выборе местоположения экономических единиц, напрямую связаны с факторами сокращения затрат, а также с положительными внешними эффектами. Близость к рынку и сырью, которая также связана с транспортными расходами, доступностью энергетических и минеральных источников, экономическими стимулами и снижением налогов, субсидиями, специфичными для некоторых регионов/секторов, получением кредитов под низкие проценты, лёгким доступом к технологическим знаниям и инновациям, адекватные производственная и социальная инфраструктура играют важную роль в достижении межрегионального развития [Осинцева, 2019; Румянцев, 2019; Минаков, 2020; Селимова, Абдулманапов, 2022].

Однако, несмотря на значительное количество научных исследований в рамках этой тематики, существует целый ряд нерешённых проблем в преодолении диспропорций в развитии регионов России и их муниципалитетов, что и обуславливает актуальность этого исследования. В соответствии с проведёнными расчётами, на основе предложенного алгоритма (см. рис. 1) и научно-методического комплекса изучения уровня дифференциации социально-экономического развития, все муниципальные образования Воронежской области были распределены на пять групп в соответствии с уровнем развития: высоким, выше среднего, средним, низким и кризисным (депрессивным) (рис. 2).



Рис. 2. Интегральная оценка уровня дифференциации социально-экономического развития муниципалитетов Воронежской области
Fig. 2. Integral assessment of the level of differentiation of socio-economic development of the Voronezh region municipalities

К числу кризисных (депрессивных) территорий (0,605–0,620) относятся Терновский, Эртильский, Аннинский и Подгоренский районы, расположенные на северо-востоке области. Эти районы, согласно их географическому местоположению, имеют окраинное (или приграничное) положение в регионе, что обуславливает невыгодность

экономико-географического положения. Социально-экономическое развитие данных территорий и выход из кризиса невозможны без поддержки региональных и федеральных властей в виде финансовых инструментов. Иная ситуация в плане выхода из кризиса Аннинского района. Он располагает хорошими стартовыми позициями в социальной сфере и экономике, но достаточно сильно проигрывает по их динамике. Учитывая наличие потенциальных экономических конкурентных преимуществ, район может в перспективе выправить положение.

Группа районов с низким уровнем развития (0,621–0,636) располагается на северо-западе области – Острогожский, Нижнедевицкий, Репьёвский, Хохольский, Каширский и Панинский. На картосхеме отчётливо видно их соседство с развитыми территориями («соседями» первого порядка), что послужило причиной переезда молодого населения в более развитые районы, повлекшего изменения демографической ситуации районов оттока: постарения местного населения, уменьшения рождаемости, увеличения смертности.

Изолированно в этой группе стоит Каширский район, который характеризуется выгодным экономико-географическим положением (ЭГП): наличие главной автомагистрали федерального уровня М4 «Дон», соседство с высокоразвитыми территориями как с севера, так и с юга. В экономической сфере район демонстрирует хорошие показатели и по устойчивости, и по развитию; однако в социальной сфере Каширский район имеет показатели ниже среднеобластных значений. В северной части региона, но уже восточнее, в эту группу также входят Таловский и Грибановский районы, которые граничат с более развитыми территориями. На юге области в данную группу входят Ольховатский, Кантемировский, Петропавловский и Верхнемамонский районы, три из которых являются приграничными, они изолированы от главных транспортных магистралей, и как следствие, имеют невыгодное экономико-географическое положение. Прослеживается классическая ситуация: отсталая экономика оттягивает вниз показатели социальной сферы. Поэтому в данном случае особое внимание следует уделить развитию промышленного производства и созданию новых рабочих мест. Шесть районов образуют группу со средним уровнем развития (0,637–0,652). Территориально они, в основном, сосредоточены ближе к центру области – Каменский, Бутурлиновский, Воробьёвский районы, а также к югу – Россошанский и Богучарский районы. Единично представлена группа на севере – Верхнехавский район. В этой группе необходимо выделить Россошанский район, который отличается показателями динамики и может выступить «локомотивом роста» всей территории области в целом.

Группа муниципалитетов примыкает к высокоразвитым территориям, благодаря экономическим связям с которыми, демонстрирует социальные и экономические показатели выше среднего (0,653–0,668). На севере – Семилукский район, примыкающий к кластеру высокоразвитых территорий, в центре – Бобровский район, соседствующий с Лискинским, на востоке – Новохоперский район, на юге – Павловский, граничащий сразу с двумя высоко развитыми районами – Лискинским и Калачеевским. Группу районов с высоким уровнем развития на севере формируют административный центр Воронежской области – городской округ г. Воронеж и прилегающие к нему Рамонский и Новоусманский муниципальные районы. Для данных территорий характерны хорошие показатели социального и экономического развития, которые в некоторых случаях превышают показатели других районов области в десятки и сотни раз. Однако можно наблюдать обратную пропорциональность в отношении относительных показателей динамики: эти муниципалитеты входили в группу отстающих или депрессивных.

Росту социально-экономических показателей Семилукского и Верхнехавского районов способствовало соседство с территориями, имеющими высокий уровень развития, социальные и экономические связи.



В центре области высокоразвитыми являются Лискинский район и Городской округ город Нововоронеж. Он является моногородом атомной энергетики и выполняет строго определённую роль в географическом разделении труда, поэтому находится обособленно с точки зрения экономических связей с соседними районами.

На востоке области Борисоглебский городской округ имеет выгодное ЭГП, обусловленное статусом транспортно-логистического центра, связывающего соседние области: Воронежскую, Тамбовскую, Саратовскую и Волгоградскую, что способствует повышению оборота розничной торговли и росту объёмов сферы услуг. Поэтому Борисоглебский городской округ является высокоразвитым центром восточной части области и «вытягивает» вверх соседний Поворинский район, с которым имеет тесные социально-экономические связи. На юге области Калачеевский район вплотную граничит с группой муниципалитетов, имеющих средний уровень развития, и поэтому на перспективу можно говорить о формировании своеобразного юго-восточного кластера с Петропавловским и Воробьёвским районами.

Между Богучарским и Петропавловским районами существует естественное препятствие – река Дон, что не позволяет рассматривать данные территории в связке. Постоянный мостовой переезд между этими территориями отсутствует, а понтонный мост в период ледостава и половодья разводят на несколько недель. Также в июле – августе, в период низкого уровня воды, мост опускается слишком низко и действует полный запрет на проезд грузовых автомобилей, этот фактор с постоянным ограничением по максимальной массе для большегрузов ограничивает транспортно-логистические связи между соседними районами. Ближайший мостовой переезд находится в Верхнемамонском районе, что добавляет 60 км пути в одну сторону, увеличивает транспортные издержки и негативно влияет на конечную цену товара и его конкурентоспособность на рынке. Поэтому правильнее рассматривать Петропавловский район в связке с более развитым в экономическом отношении соседним Калачеевским районом, интеграция с которым положительно влияет на социально-экономическое развитие обеих территорий.

Таким образом, можно констатировать, что на территории Воронежской области наблюдается значительная социально-экономическая дифференциация по уровню развития, обусловленная целым рядом факторов. Для её сглаживания необходима разработка определённых мер региональной политики, направленных на нивелирование и снижение диспропорций в развитии муниципалитетов.

Заключение

Результаты оценки территориальной дифференциации социально-экономического развития Воронежской области выявили не только наличие негативных тенденций, но и их усиление. Применённый научно-методический подход позволил выделить пять групп муниципальных образований, отличающихся уровнем дифференциации социально-экономического развития, что необходимо учитывать при проектировании Стратегии государственной региональной политики Воронежской области.

Уменьшению диспропорций в пространственном экономическом и социально-демографическом развитии муниципалитетов могут способствовать программы, направленные на создание эффективных механизмов реализации государственной региональной политики; совершенствование перераспределения ресурсов, формирование положительного имиджа области и её муниципалитетов с целью привлечения внешних инвестиционных ресурсов.

Список литературы

- Ворошилов Е.А., Ускова Т.В., Ворошилов Н.В., Гутникова Е.А., Кожевников С.А. 2018. Социально-экономические проблемы локальных территорий. Вологда, ИСЭРТ РАН, 196 с.
- Закирова З.И. 2018. Социально-экономическое развитие муниципального образования. Экономика и социум, 5(48): 476–478.

- Климов А.А. 2006. Пространственное развитие и проблемные территории: социально-экономические аспекты. М., КомКнига, 284 с.
- Кочкин Т.Н. 2020. Дифференциация регионов Северо-Западного Федерального Округа по социально-экономическим показателям. Научный электронный журнал Меридиан, 4(38): 279–281.
- Мацкевич Т.Н. 2004. Проблемы социально-экономического развития региона. Ставрополь, Аргус, 120 с.
- Минаков А.В. 2020. Анализ уровня благосостояния и социально-экономической дифференциации населения России. Научное обозрение: теория и практика, 10(5(73)): 923–936. DOI: 10.35679/2226-0226-2020-10-5-923-936
- Осинцева В.М. 2019. К вопросу о дифференциации социально-экономического развития российских регионов. Экономика и предпринимательство, 2(103): 487–491.
- Поянова О.С. 2019. Сокращение социально-экономической дифференциации регионов России как задача макроэкономического регулирования. Экономика: вчера, сегодня, завтра, 9(6–1): 66–77.
- Румянцев А.С. 2019. Региональная дифференциация социально-экономических показателей на примере Сибирского федерального округа и Новосибирской области. Вестник НГУЭУ, 1: 231–239.
- Селимова Д.Д., Абдулманапов С.Г. 2022. Внутрирегиональная дифференциация в социально-экономическом развитии Республики Дагестан. Региональная экономика и управление: электронный научный журнал, 1(69): 1–16.
- Ayvazian S.A., Afanasiev M.Yu., Kudrov A.V. 2018. Indicators of Regional Development Using Differentiation Characteristics. Montenegrin Journal of Economics, 14(3): 7–22.
- Chen C., He X., Liu Z., Sun W., Dong H., Chu Y. 2020. Analysis of Regional Economic Development Based on Land Use and Land Cover Change Information Derived from Landsat Imagery. Scientific Reports, 10(1): 12721. DOI: 10.1038/s41598-020-69716-2
- Chu N.-C., Zhang P.-Y., Wu X.-L. 2022. Evolution Characteristics of Temporal and Spatial Pattern of Russian Economic Differences Since the 21st Century. PLOS ONE, 17(3): e0263237. DOI: 10.1371/journal.pone.0263237
- Churski P., Herodowicz T., Konecka-Szydłowska B., Perdał R. 2021. Spatial Differentiation of the Socio-Economic Development of Poland—“Invisible” Historical Heritage. Land, 10(11): 1247. DOI: 10.3390/land10111247
- Kubeš J., Kebza M. 2018 Geography of Socio-Economic Differentiation of Poland According to Subregions in 2002–2014. AUC Geographica, 53(1):36–48. DOI: 10.14712/23361980.2018.4
- Medeiros E. 2019. Spatial Planning, Territorial Development, and Territorial Impact Assessment. Journal of Planning Literature, 34(2): 171–182. DOI: 10.1177/0885412219831375
- Milek D. 2018. Spatial Differentiation in the Social and Economic Development Level in Poland. Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy, 13(3): 487–507. DOI: 10.24136/eq.2018.024
- Rącz S., Egyed I. 2022. Territorial Disparities and Economic Processes in Hungary: Editorial. DETUROPE – The Central European Journal of Tourism and Regional Development, 14(3): 4–14. DOI: 10.32725/det.2022.019
- Yakovenko N.V., Semenova L., Tsoy M.Y., Zavyalova G.I., Semenova E.A., Belenok I.A. 2023. Socio-Economic Security of the Region in the Context of Human Capital Development. Sustainability, 15(1): 404. DOI: 10.3390/su15010404
- Zsibók Z., Egyed I. 2022. The Role of the Foundational Economy: The Case of Two Regional Centres in Central and Eastern Europe. Deturope, 14(3): 34–64.

References

- Voroshilov E.A., Uskova T.V., Voroshilov N.V., Gutnikova E.A., Kozhevnikov S.A. 2018. Sotsialno-ekonomicheskiye problemy lokalnykh territoriy [Socio-Economic Problems of Local Territories]. Vologda, Publ. ISERT RAS, 196 p.
- Zakirova Z.I. 2018. Socio-Economic Development of Municipal Formation. Economy and society, 5(48): 476–478 (in Russian).



- Klimov A.A. 2006. Prostranstvennoye razvitiye i problemnyye territorii: sotsialno-ekonomicheskiye aspekty [Spatial Development and Problem Territories: Socio-Economic Aspects]. Moscow, Publ. KomKniga, 288 p.
- Kochkin T.N. 2020. Differentiation of Regions of the North-Western Federal District by Socio-Economic Indicators. Scientific Electronic Journal Meridian, 4(38): 279–281 (in Russian).
- Matskevich T.N. 2004. Problems of Social-Economic Development of the Region. Stavropol, Publ. Argus, 120 p. (in Russian).
- Minakov A.V. 2020. Analysis of the Level of Welfare and Socio-Economic Differentiation of the Russian Population. Scientific review: theory and practice, 10(5(73)): 923–936 (in Russian). DOI: 10.35679/2226-0226-2020-10-5-923-936
- Osintseva V.M. 2019. On the Issue of Differentiation of Socio-Economic Development of Russian Regions. Economics and Entrepreneurship, 2(103): 487–491 (in Russian).
- Poyanova O.S. 2019. Reduction of Socio-Economic Differentiation of Russian Regions as a Problem of Macroeconomic Regulation. Economics: yesterday, today, tomorrow, 9(6–1): 66–77 (in Russian).
- Rumyantsev A.S. 2019. Regional Differentiation of Socio-Economic Indicators on the Example of the Siberian Federal District and Novosibirsk Region. Bulletin of NGUEU, 1: 231–239 (in Russian).
- Selimova D.D., Abdulmanapov S.G. 2022. Intra-Regional Differentiation in the Socio-Economic Development of the Republic of Dagestan. Regional Economics and Management: Electronic Scientific Journal, 1(69): 1–16 (in Russian).
- Ayvazian S.A., Afanasiev M.Yu., Kudrov A.V. 2018. Indicators of Regional Development Using Differentiation Characteristics. Montenegrin Journal of Economics, 14(3): 7–22.
- Chen C., He X., Liu Z., Sun W., Dong H., Chu Y. 2020. Analysis of Regional Economic Development Based on Land Use and Land Cover Change Information Derived from Landsat Imagery. Scientific Reports, 10 (1): 12721. DOI: 10.1038/s41598-020-69716-2
- Chu N.-C., Zhang P.-Y., Wu X.-L. 2022. Evolution Characteristics of Temporal and Spatial Pattern of Russian Economic Differences Since the 21st Century. PLOS ONE, 17(3): e0263237. DOI: 10.1371/journal.pone.0263237
- Churski P., Herodowicz T., Konecka-Szydłowska B., Perdał R. 2021. Spatial Differentiation of the Socio-Economic Development of Poland—“Invisible” Historical Heritage. Land, 10(11): 1247. DOI: 10.3390/land10111247
- Kubeš J., Kebza M. 2018. Geography of Socio-Economic Differentiation of Poland According to Subregions in 2002–2014. AUC Geographica, 53(1):36–48. DOI: 10.14712/23361980.2018.4
- Medeiros E. 2019. Spatial Planning, Territorial Development, and Territorial Impact Assessment. Journal of Planning Literature, 34(2): 171–182. DOI: 10.1177/0885412219831375
- Milek D. 2018. Spatial Differentiation in the Social and Economic Development Level in Poland. Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy, 13(3): 487–507. DOI: 10.24136/eq.2018.024
- Rácz S., Egyed I. 2022. Territorial Disparities and Economic Processes in Hungary: Editorial. DETUROPE – The Central European Journal of Tourism and Regional Development, 14(3): 4–14. DOI: 10.32725/det.2022.019
- Yakovenko N.V., Semenova L., Tsoy M.Y., Zavyalova G.I., Semenova E.A., Belenok I.A. 2023. Socio-Economic Security of the Region in the Context of Human Capital Development. Sustainability, 15(1): 404. DOI: 10.3390/su15010404
- Zsibók Z., Egyed I. 2022. The Role of the Foundational Economy: The Case of Two Regional Centres in Central and Eastern Europe. Deturope, 14(3): 34–64.

*Поступила в редакцию 15.02.2023;
поступила после рецензирования 13.03.2023;
принята к публикации 09.04.2023*

*Received February 15 2023;
Revised March 13, 2023;
Accepted April 09, 2023*

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

Тен Роман Валерьевич, преподаватель кафедры информационных технологий, Воронежский государственный лесотехнический университет, г. Воронеж, Россия

Яковенко Наталия Владимировна, главный научный сотрудник дирекции НИИ ИТК, Воронежский государственный лесотехнический университет, г. Воронеж, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Roman V. Ten, Lecturer of the Department of Information Technology, Voronezh state university of forestry and technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Nataliya V. Yakovenko, Doctor of Geography, chief research officer of the division's Directorate of the Research Institute of Innovative Technologies and the Forestry Complex, Voronezh state university of forestry and technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia



УДК 911.3
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-226-237

Поляризация пространства староосвоенного региона как фактор «сжатия». На материалах Белгородской области

Чугунова Н.В., Полякова Т.А., Морковская Д.Н., Ткачев Е.В.

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

Аннотация. Исследование проведено с целью определения уровня и динамики социально-экономического и экистического сжатия пространства как закономерного следствия крайне неравномерного, поляризованного развития территории Белгородской области. Осуществлен анализ концентрации и локализации населения, главных видов экономической деятельности, детерминирующих трансформацию региональной системы расселения, «сжатие» пространства. Установлено сжатие-стягивание социально-экономической деятельности к областным метрополисам, немногочисленным муниципальным образованиям, обусловивших развитие антиподов – муниципалитетов с низкой плотностью деятельности, устойчивой тенденцией поляризации пространства, экистического сжатия в системе сельского расселения. В перспективе отмеченные тенденции сжатия пространства, трансформации сельского расселения, измельчение сети населенных пунктов сохранятся, поскольку отражают закономерности эволюции населенных пунктов в процессах урбанизации. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования социально-экономической организации территориального развития аналогичных территорий.

Ключевые слова: расселение, экистика, поляризация пространственного развития, локационное сжатие, миграции населения, освоенная территория

Для цитирования: Чугунова Н.В., Полякова Т.А., Морковская Д.Н., Ткачев Е.В. 2023. Поляризация пространства староосвоенного региона как фактор «сжатия». На материалах Белгородской области. Региональные геосистемы, 47(2): 226–237. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-226-237

Polarization of the Space of the Old-Developed Region as a Factor of "Compression"

Nadezhda V. Chugunova, Tatiana A. Polyakova,

Darya N. Morkovskaya, Egor V. Tkachev

Belgorod National Research University,
85 Pobeda St, Belgorod 308015, Russia
E-mail: Chugunova@bsu.edu.ru

Abstract. The study was conducted in order to determine the level and dynamics of socio-economic and ekistics compression of space as a natural consequence of the extremely uneven, polarized development of the territory of the Belgorod Oblast. The analysis of the concentration and localization of the population, the main types of economic activity determining the transformation of the regional settlement system, the "compression" of space is carried out. The compression-contraction of socio-economic activity to regional metropolises, a few municipalities, which led to the development of antipodes – municipalities with a low density of activity, a steady trend of polarization of space, ecological compression in the system of rural settlement, has been established. In the future, the noted trends of space compression, transformation of rural settlement, and fragmentation of the network of settlements will continue, since they reflect the

patterns of evolution of settlements in the processes of urbanization. The results obtained can be used to improve the socio-economic organization of the territorial development of similar territories.

Key words: settlement, ekistics, polarization of spatial development, locational compression, population migration, developed territory

For citation: Chugunova N.V., Polyakova T.A., Morkovskaya D.N., Tkachev E.V. 2023. Polarization of the Space of the Old-Developed Region as a Factor of "Compression". *Regional Geosystems*, 47(2): 226–237. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-226-237

Введение

Не теряющей актуальности тенденцией XXI века является усиление сжатия пространства, возникающее вследствие неоднородности развития, роста социально-экономической и экистической поляризации областных центров-метрополисов и зависимых от них территорий. Метрополисы – аттракторы, ведут борьбу за влияние в пространстве [Бабурин, 2009], трансформируют структуру социально-экономического и экистического пространства, при наличии определенных факторов приводят значительную часть территориальной системы к «периферийности», оставаясь при этом центрами, источниками и проводниками технологических и социальных инноваций.

Проблемам поляризованного/неравномерного развития, сжатия пространства посвящены публикации в научных журналах, сборниках конференций, семинаров, монографий, диссертационные исследования экономического, демографического, социологического, экологического направлений. Экономико-географическая секция МАРС Института географии РАН посвятила одну из ежегодных сессий сжатию социально-экономического пространства (г. Мышкин, 2010). Обзор базовых теорий поляризационного развития центр-периферии проведен многими исследователями, только в последние пять лет он является составной частью ряда интересных работ [Романова и др., 2015; Украинский, 2017; Нефедова, Трейвиш, 2020; Аверкиева и др., 2021], и мы считаем возможным не останавливаться на нем.

Работы, посвященные сельской местности, ее поляризации, сжатию расселения многочисленны, лидером является московская школа социальных географов ИГАН [Нефедова, 2012; Зубаревич, 2013; Староосвоенные районы..., 2021].

Изучение состояния проблемы показало, что в большинстве социально-экономических работ доминируют исследования субъектов Российской Федерации, отражающие общие, но не внутрирегиональные различия. Выявлено отсутствие работ, посвященных установлению сжатия экистического пространства в результате развития поляризованности между метрополисами и подконтрольными им территориями. В нашей работе мы попытались восполнить данный пробел.

Целью работы является определение уровня пространственного социально-экономического и экистико-физического сжатия территории староосвоенного региона – Белгородской области.

Задачи работы: определение доли муниципальных образований в основных социально-экономических показателях области; установление степени концентрации, локализации и поляризованности пространственного развития – детерминантов сжатия-стягивания экономики и региональной системы расселения.

Объекты и методы исследования

В качестве информационной базы были использованы материалы Федеральной службы государственной статистики (Росстат) и территориального органа Росстата по Белгородской области, многолетние исследования авторов Центрально-Черноземного района,



полевые исследования в отдельных муниципальных образованиях и поселениях. Для составления таблицы и картограмм использовалась официальная статистика. Для достижения основных целей статьи были использованы: пространственно-временной подход как фактор развития общества [Смирнягин, 2016], сравнительно-географический анализ, статистические, картографические методы, сочетание официальной статистики с социологическими опросами.

Терминология. Термин «сжатие социально-экономического пространства» (имплозия) впервые введен Д. Харвеем [Harvey, 1990], основные современные интерпретации детально рассмотрены А.И. Трейвишем [2010, 2012], Л.А. Безруковым [2010], где подчеркиваются два вида сжатия социального пространства: сжатие-сближение и сжатие-стягивание.

Сжатие-сближение – коммуникативное сжатие пространства – «результат роста проходимости и доступности географического пространства за счет сокращения времени в пути людей и грузов при использовании современного транспорта и развития информационных технологий, устранении помех для контактов, переход от скорости и времени к доступности коммуникационных услуг...» [Трейвиш, 2010].

Сжатие-стягивание или физическое сжатие «активного» пространства – стягивание сложной, важной, элитной деятельности к ядрам (очагам, узлам, центрам), преобразование прежде равномерного размещения и развитие антипод – мест со спадом активности, эффективности, плотности деятельности ее носителей – поляризация, когда один из полюсов представлен участками относительного и абсолютного разрежения, «опустынивания» [Трейвиш, 2010]. Сжатие-стягивание – результат концентрации и поляризации пространства вплоть до сокращения обжитых, освоенных, экономически активных территорий.

Позиция Л.А. Безрукова [2010] несколько отличается от вышеизложенной: сжатие географического (или «коммуникационного») пространства не нужно абсолютизировать, так как и в территориальном, и в отраслевом отношении оно проявляется дифференцированно. «Это всего лишь контурно намеченная тенденция постиндустриальной эпохи, но во все не правило в условиях ослабления зависимости от наличия природных ресурсов. Несмотря на внешнюю привлекательность концепции «сжатия интенсивно используемого пространства», нельзя не отметить, что ее основные исходные предпосылки не подтверждаются количественными оценками и во многом не соответствуют действительности» [Безруков, 2010].

Оба явления (сжатие-сближение, сжатие-стягивание) тесно взаимосвязаны. В данной работе мы рассматриваем физическое сжатие активного, освоенного пространства – сжатие-стягивание.

Результаты и их обсуждение

Концентрация социально-экономических процессов – движущая сила сжатия-стягивания системы расселения.

Развитие процессов расселения территории находится в прямой зависимости от совокупности нескольких основных групп факторов [Народонаселение, 1994]: социально-экономических, демографических, институциональных, природных. С развитием экономики, изменениями ее структуры уменьшается зависимость расселения населения от природных ресурсов, и основополагающими факторами становятся социально-экономические. Для определения их влияния на расселение населения использованы отдельные статистические материалы Базы данных по Белгородской области, созданной авторами данной работы [Свидетельство..., 2021], основу которой составляли показатели муниципальных образований (МО) Федеральной службы государственной статистики. С 2008 г. статистика в России представлена не в административном, а муниципальном разрезе, что создает определенные сложности работы с ней [Староосвоенные районы..., 2021]: подвижность муниципальных границ в результате укрупнения муниципальных образований и преобразования

муниципальных районов в городские/муниципальные округа, в которых одновременно могут быть представлены городские округа, включающие только город, или город с окружающими сельскими территориями; муниципальные районы вместе с административными центрами. В приводимых в статье показателях по Грайворонскому, Новооскольскому, Яковлевскому городским округам (ГО) отражены данные по городам (районного подчинения) с сельскими территориями. Городской округ Белгород включает только город Белгород.

Для выявления масштабов процессов сжатия-стягивания и их динамики на основе официальных данных подобраны основные социально-экономические показатели, проведены необходимые расчеты, результаты представлены в таблице. Анализ данных таблицы позволил сделать (ожидаемые) выводы о масштабах и динамике лишь в нескольких МО концентрации населения, промышленного производства, строительства домов. Производство сельскохозяйственной продукции в области отличается большей равномерностью распределения (табл.).

Доля муниципальных районов и городских округов в основных социально-экономических показателях Белгородской области в 2008 и 2021 гг., %
The share of municipal districts and urban districts in the main socio-economic indicators of the Belgorod region 2008 and 2021, %

Муниципальные образования	Население		Объем отгруженных товаров и услуг		Продукция сельского хозяйства		Инвестиции в основной капитал		Ввод в действие общей площади жилых домов	
	2008	2021	2008	2021	2008	2021	2008	2021	2008	2021
Белгородская область	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ГО г. Белгород	23,5	25,6	16,0	9,0	0,2	0,1	24,8	27,3	25,6	11,4
Сел. мест. Алексеевского ГО, г. Алексеевка	1,6	1,4	–	0	3,2	4,7	0,8	–	1,0	1,5
	2,4	2,4	6,3*	8,3	–	–	1,2	4,9*	1,5	3,7
Белгородский район	6,7	8,5	1,3	1,6	7,8	6,6	3,2	4,9	16,8	34,8
Борисовский район	1,7	1,6	0,9	0,9	2,7	2,8	0,7	0,7	1,0	0,9
Сел. местность Валуйского ГО г. Валуйки	2,3	2,0	–	0	4,4	4,1	0,7	–	1,4	2,1
	2,3	2,2	2,6*	3,3	–	–	0,7	0,5*	2,2	3,0
Вейделевский район	1,5	1,2	0,1	0,0	2,8	2,6	0,8	0,4	0,9	0,5
Волоконовский район	2,2	1,9	1,7	0,8	6,1	8,6	2,3	0,7	1,4	1,0
Грайворонский ГО	1,9	2,0	0,2	0,1	1,9	3,0	1,9	1,0	1,4	1,0
Сел. местность Губкинского ГО г. Губкин	2,2	1,9	–	0,1	4,6	2,9	1,8	–	2,4	3,4
	5,7	5,6	22,3*	22,7	–	–	5,8	16,6*	4,0	2,7
Ивнянский район	1,5	1,3	0,8	0,9	4,1	5,9	2,2	1,5	1,1	2,3
Корочанский район	2,5	2,4	0,1	4,5	3,9	5,7	8,4	2,0	2,0	1,4
Красненский район	0,9	0,7	0	0	1,6	1,5	0,6	0,3	0,7	0,3
Красногвардейский район	2,6	2,3	0,2	0,7	6,0	5,6	2,4	2,5	1,8	1,4
Краснояржужский район	1,0	0,9	0,2	0,3	3,2	2,2	1,6	0,4	0,6	0,5
Новооскольский ГО	2,9	2,6	4,0	2,4	11,0	7,4	6,0	1,7	2,0	1,1



Окончание таблицы
End of table

Муниципальные образования	Население		Объем отгруженных товаров и услуг		Продукция сельского хозяйства		Инвестиции в основной капитал		Ввод в действие общей площади жилых домов	
	2008	2021	2008	2021	2008	2021	2008	2021	2008	2021
Прохоровский район	1,9	1,8	0,2	2,9	4,4	7,1	1,9	1,4	0,9	1,7
Ракитянский район	2,3	2,2	2,3	2,9	7,6	6,4	4,4	3,0	1,7	0,9
Ровеньский район	1,6	1,5	0,1	0,1	2,3	1,9	1,5	0,7	1,5	0,7
Сел. местность Старооскольского ГО г. Старый Оскол	2,3	2,3	–	0	5,3	4,8	1,9	17,3*	1,3	2,4
Чернянский район	14,5	14,5	37,9*	30,6	–	–	16,0	–	15,3	11,3
Сел. местность Шебекинского ГО г. Шебекино	2,1	2,0	0,2	0,6	3,0	2,3	0,5	1,1	1,6	0,9
Сел. местность Яковлевский ГО	3,1	2,9	–	2,0	10,3	–	5,0	4,4*	2,0	4,2
Яковлевский ГО	3,0	2,6	1,7*	1,4	–	8,3*	0,8	–	1,3	0,7
Яковлевский ГО	3,6	3,7	1,0	3,9	3,7	5,6	1,1	6,9	5,8	4,9

*По городскому округу. Таблица составлена и рассчитана по: [Сравнительная характеристика...2008; Основные...2009; Свидетельство..., 2021; Основные..., 2022].

Свыше половины населения области проживает в пяти муниципалитетах из 22: в ГО г. Белгород, Белгородском районе, Яковлевском ГО, городах Старый Оскол, Губкин (в сумме 53,7 % – 2008 г. и 57,9 % – 2021 г.). Первые три МО формируют главный ареал концентрации населения, ядро которого образует областной метрополис и его пригороды, что вполне закономерно – преимущества жизни в большом городе, субурбанизация (возвратная мобильность населения – из города в сельский пригород) общеизвестны. Численность населения ГО г. Белгород, Белгородского района с 2008 г. выросли на 8,9 % и 26,8 % соответственно. Вторым ареалом концентрации населения являются города Старый Оскол, Губкин (с низкими показателями числа жителей в пригородах (см. табл.), не развитой субурбанизацией). Они практически «застыли» в демографическом развитии, взлет которого приходился на 1970–1980-е гг. – время формирования центра черной металлургии России, далее – на середину и конец 90-х гг. XX в., в период притока вынужденных русскоязычных переселенцев, позднее – «северян» России [Chugunova, Likhnevskaya, 2019]. К 2021 г. в трех четвертях МО сократилась численность населения области, демонстрируя «опустынивание» – сжатие, формирование стойкого антипода ядру.

В промышленном производстве доминируют те же ядра, что и в распределении населения, но представлены немного шире, появился новый очаг (г. Алексеевка). Иерархический ряд лидеров представлен городами Старый Оскол, Губкин, Белгород, Алексеевка и Яковлевским ГО – индустриальными локомотивами области (в сумме 82,5 % – 2008 г. и 70,6 % – 2021 г.). Подтверждаются выводы, что экономика (и население) становится все более географически сконцентрированной в нескольких центрах, но стягивание и поляризация уменьшаются, география сдвигов разная. Индустриальные локомотивы области теряют свой «вес»: Белгород на 46 %, Старый Оскол на 20 %, что косвенно свидетельствует об их движении к постиндустриальной стадии развития, Корочанский район лидер по росту (в 45 раз) промышленного производства (введение в эксплуатацию объекта в 2009 г. АПХ «Мираторг»).

Сельскохозяйственное производство представлено во всех муниципальных районах и городских округах, но с существенной дифференциацией и значимостью. Лидеры сформированы и стабильны в 2008 и 2021 гг.: Шебекинский (10,3 % и 8,3 %), Новооскольский ГО (11,0 % и 7,4 %), Белгородский (7,8 % и 6,6 %) район, но утверждать, что к ним происходит стягивание сельскохозяйственного производства неправомерно, поскольку они теряют в «весе». Процессы субурбанизации («расползание» города – расширение городской территории) в Белгородской агломерации сокращают земли сельскохозяйственного назначения.

Инвестиции в основной капитал свидетельствуют о немногочисленности реципиентов, следовательно, о концентрации: в 2008 г. по убывающей располагались ГО Белгород, г. Старый Оскол, Корочанский район, г. Губкин – в сумме на четыре МО приходилось 59,3 %; в 2021 г. произошла рокировка ранжированного ряда, уход из лидеров Корочанского района, появление нового значимого реципиента (Яковлевский ГО с его рудниками): ГО Белгород, Губкинский ГО, Старооскольский ГО, Яковлевский ГО – в сумме 68,1 % области. Две третьих МО в отрицательной динамике – свидетельство устоявшихся тенденций поляризации и сжатия.

Ввод в действие жилья в определенной степени отражает предпочтения выбора населением места жительства [Флорида, 2014], его размещения. Центр строительства сместился в Белгородский район – 34,8 %, как результат развития классической субурбанизации [Чугунова и др., 2022], поощряемой Программой индивидуального жилищного строительства (ИЖС), деятельностью АО «Белгородская ипотечная корпорация». Динамика ввода в действие жилых домов отражает процессы глубокой поляризации и физического сжатия: лишь в пяти МО отмечен рост, в одном – стагнация, в остальных 16 – сокращения. В 2021 г. в Вейделевском, Волоконовском, Ракитянском, Ровеньском районах введено в эксплуатацию по 0,3 кв. м жилья на человека; в девяти муниципалитетах – по 0,4 м² [Основные ..., 2022], свидетельствующих о том, что жители многих населенных пунктов считают жизнь в них бесперспективной, что подтверждено в ходе экспедиционных обследований 2019–2022 гг.

Демографические факторы и сжатие расселения.

Социально-экономическая концентрация, последующая поляризация пространственного развития отразились на демографической ситуации, системе расселения области. Численность населения Белгородской области, в отличие от многих регионов страны, увеличивалась благодаря притоку мигрантов вплоть до 2018 г., достигнув 1549,9 тыс. чел., несмотря на естественную убыль (с 1991 г.), затем появилась устойчивая тенденция снижения численности (1531,9 тыс. чел. – 2022 г.). Пока общие потери невелики – 1,2 %, но территориальные различия динамики численности населения значительны: максимальные сокращения характерны для периферийных восточных, юго-восточных МО – от 11 % в Красногвардейском до 22 % в Вейделевском районе; увеличение численности населения в Белгородской агломерации – Белгородском районе (28 %), городе Белгороде (11 %) (2008–2021 гг.), отражая процессы ярко выраженной поляризации.

Иллюстрацией ярких контрастов и стратификации в темпах роста/убыли населения между переписями 2002 и 2021 гг. служит картограмма (рис. 1).

С 2002 г. численность населения Белгородского района выросла на 44,1 %, в то время как в г. Белгород на – 16,2 %, Яковлевском ГО – 8,8 %. Старооскольском ГО – 3,2 %. В остальных муниципалитетах стойкая депопуляция с потерями до четверти численности жителей.

Существенный вклад в сжатие пространства вносит интенсивная центростремительная миграция, детерминантами которой являются социально-экономическая стратификация МО, разрыв в условиях труда и его оплаты, стигматизация сельскохозяйственного труда у молодого поколения, сложность и ограниченность карьерного роста, что влечет изменение конфигурации региональной системы расселения. По результатам последних пяти лет [Основные показатели ..., 2022] положительное сальдо миграции отмечено в четырех муниципалитетах: в ГО г. Белгород, его пригородах – Белгородском районе, Яковлевском ГО; отрицательное – периферийных, периферийно-приграничных.

Полагаем, что число МО с отрицательным сальдо миграции по итогам 2022–2023 гг. расширится не только в депопулирующих районах и округах, но и МО с положительной динамикой. С 2022 г. растет переезд представителей среднего класса из Белгородской области в другие регионы России, возрастает число семей с детьми школьного возраста, покидающих область из-за снижения качества образования, вызванного введением обучения

в режиме онлайн в связи с приграничным положением, ведением СВО на Украине. По мнению В. Гимпельсона, в краткосрочной перспективе последствия СВО будут широкими: индивидуальные пожизненные потери (подорванное здоровье, посттравматический синдром, утрата трудовых навыков, их недополучение); потери экономики (и семьи) от разрушения малого и среднего бизнеса в результате мобилизации специалистов и мн. др. [Гимпельсон, 2022].

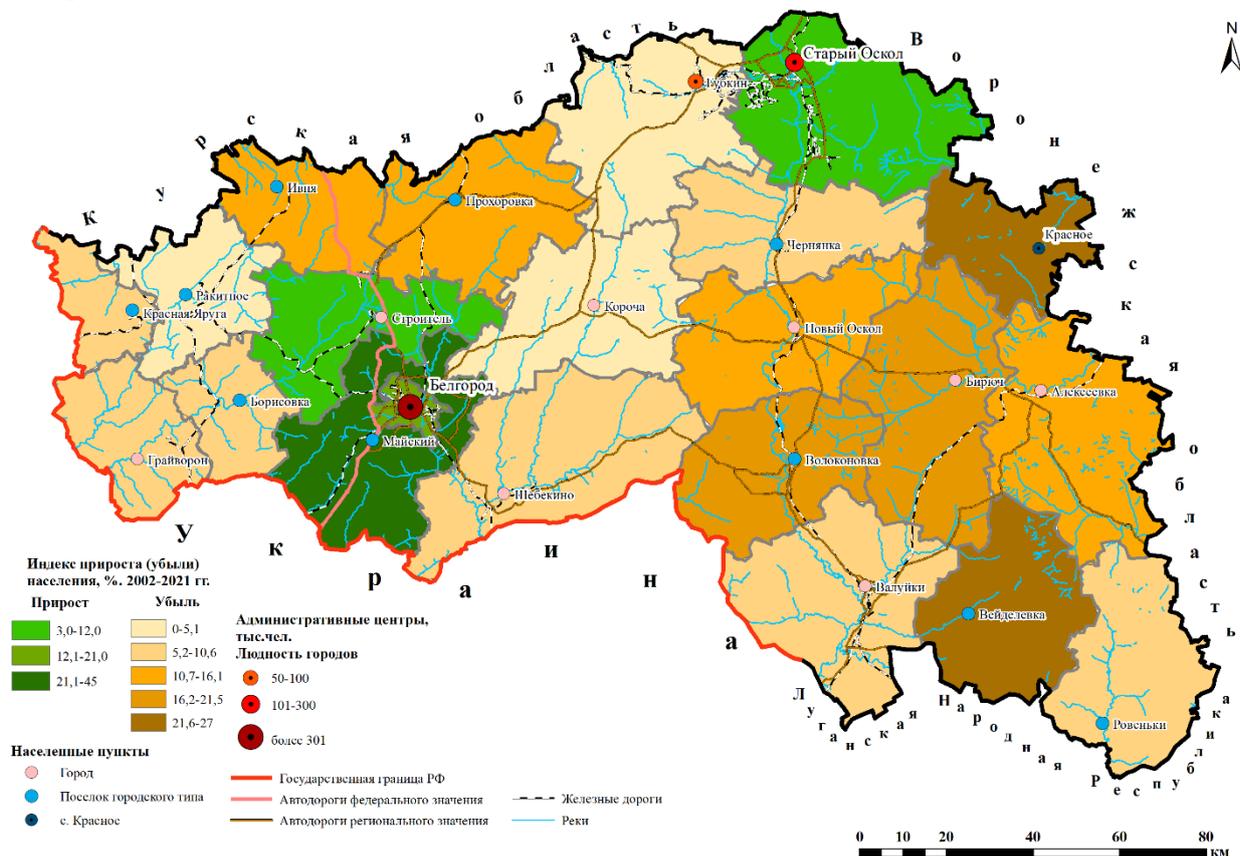


Рис. 1. Изменения численности населения Белгородской области, 2002–2021 гг., %
 Fig. 1. Changes in the population of the Belgorod region, 2002–2021, %

Отток населения, переходящий в отрицательное сальдо миграции, снижает качество человеческого капитала, демографического потенциала, затрудняет диффузию инноваций, усиливает дисбаланс в развитии периферии, приводит к «интеллектуальному истощению» [Розов, 2007].

Закономерным результатом концентрации социально-экономических процессов и стягивания населения в региональные метрополисы и немногочисленные МО стала трансформация системы расселения, начавшаяся еще в советское время. Отличительной особенностью XXI века является интенсификация эволюции региональной системы расселения Белгородской области, сопровождаемая разнонаправленными векторами развития Белгородской и Старооскольско-Губкинской агломераций, высокими темпами обезлюдения сельских населенных пунктов [Голеусов и др. 2020].

В региональной системе сельское расселение стало уязвимее, неустойчивее городского, особенно на фоне метрополисов – в структуре сельских поселений беспрецедентно быстро растет доля малых и мельчайших населенных пунктов [Chugunova et al., 2023], переходящих в категорию «мертвых», без населения; сокращается плотность сельского населения, приближаясь в отдельных районах к угрожающе критической для сельскохозяйственного производства (рис. 2).

Разница в плотности населения Вейделевского и Белгородского районов достигает семикратной величины (13,1 и 88,7 чел. на км²) и рост плотности населения в метрополисном ареале устойчив. Помимо урбанизации, индустриализации сельского хозяйства, определенную роль в тенденции сжатия сельского расселения играет реформа социальной инфраструктуры – закрытие в сельской местности школ, больниц, клубов, магазинов, сокращение рабочих мест в бюджетной сфере, как отмечала Т.Г. Нефедова [Староосвоенные районы..., 2021], сопровождаемые безденежьем, оттоком молодежи, ощущением безнадежности, ненужности.

Поляризация уровней социально-экономического развития МО, миграции населения обуславливают разрушение опорного каркаса сельского расселения, появление заброшенных освоенных территорий – физическое сжатие-стягивание пространства области. Количество «мертвых» населенных пунктов между переписями населения 2002 и 2021 гг. выросло с 34 до 104 [Итоги ..., 2021], т. е. в 3,1 раза. С высокой степенью вероятности их число вырастет через несколько лет, особенно значительно в приграничных муниципальных образованиях.

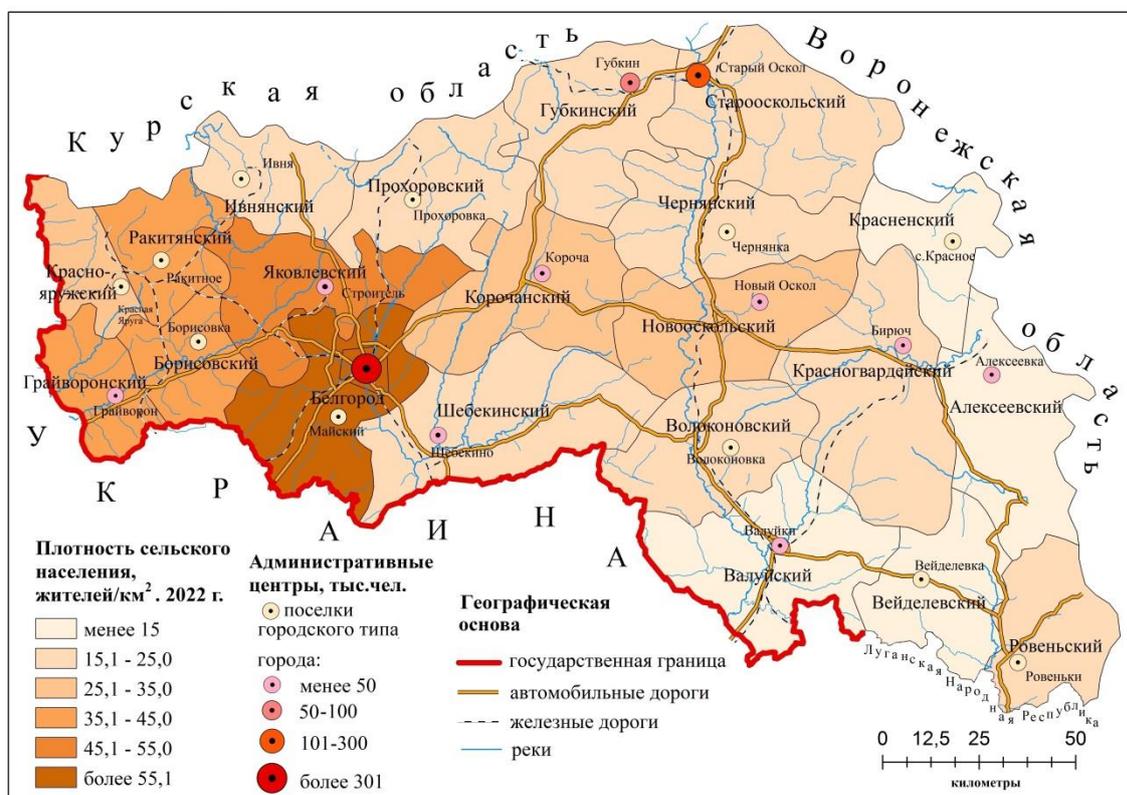


Рис. 2. Плотность сельского населения Белгородской области. 2022 г.

Fig. 2. The density of the rural population of the Belgorod region. 2022

Заключение

Результаты исследования поляризации экзистического пространства в результате роста социально-экономического неравенства в развитии региона свидетельствуют о трансформации структуры социально-экономического и экзистического пространства, сжатию «активной» освоенной территории.

Установлена концентрация населения, промышленного производства, инвестиций в основной капитал, строительства домов в нескольких МО с доминированием столичного метрополиса и его пригородов; определено, что производство сельскохозяйственной продукции области отличается большей равномерностью распределения, но стягивание к нескольким муниципалитетам присутствует.



Оценка динамики долей муниципальных образований в социально-экономических показателях выявила сохранение основных лидеров с незначительной рокировкой иерархического ряда, появление единичных новых центров, свидетельствующих о сохранении тенденции поляризации развития и только в промышленном производстве стягивание и поляризация уменьшаются. Сжатие-стягивание сформировало развитие антиподов – муниципалитетов с низкой плотностью деятельности.

Закономерным следствием наличия антипод стало экистическое сжатие. Оно выражается в концентрации населения в столичном метрополисе и его первой пригородной зоне; и во втором метрополисе области – Старом Осколе, в меньшей степени – Губкине: центрах черной металлургии общероссийского значения. В шести муниципальных образованиях сосредоточено две трети (63,4 %) населения области и тенденция стягивания отличалась высокой устойчивостью до 2022 г.

Вероятнее всего, уже в 2023 г. произойдет смена векторов развития ареалов концентрации населения (и среднего, малого бизнеса) в связи с растущим переездом населения из области в другие регионы России из-за небезопасности жизни в результате проводимой СВО на Украине.

Стягивание-сжатие ярко проявилось в сельском расселении процессами социально-демографического опустынивания: опорный каркас сельского расселения во многих муниципалитетах переходит в стадию неустойчивости, растет число заброшенных сел, усиливается физическое сжатие «активного» пространства области.

В перспективе отмеченные тенденции сохранятся, поскольку отражают закономерности эволюции населенных пунктов, но считаем необходимым отметить наличие негативного воздействия институциональных факторов разного иерархического уровня на трансформацию сельского расселения, измельчение сети населенных пунктов. Нельзя оценивать сохранение/исчезновение сельских населенных пунктов лишь критерием экономической эффективности, государственная политика должна оставлять возможность развиваться многообразным типам населенных пунктов, а качество среды обитания в них должно быть равнозначным.

Список источников

- Гимпельсон В. 2022. О последствиях мобилизации для российской экономики. Электронный ресурс. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2022/0961/gazeta01.php>. (дата обращения 08.02.2023).
- Итоги Всероссийской переписи населения 2021 г. Том 1. Численность и размещение населения. 2021. Электронный ресурс. URL: https://rosstat.gov.ru/vpn_popul (дата обращения 29.10.2022).
- Народонаселение. Энциклопедический словарь. 1994. БРЭ, 639 с.
- Нефёдова Т.Г. 2012. Сжатие и поляризация сельского пространства России. Электронный ресурс. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2012/0507/analit01.php> (дата обращения 08.02.2023).
- Основные показатели социально-экономического положения муниципальных районов и городских округов Белгородской области (2017–2021 гг.). 2022. Белгородстат, 284 с.
- Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621719 «Мониторинг трансформации и тенденций пространственного развития региональных метрополисных ареалов, подконтрольных им территорий, граничащих с Украиной: Белгородской, Воронежской, Курской областями». Чугунова Н.В., Кухарук Н.С., Нарожняя А.Г., Полякова Т.А., Морковская Д.Н. 2021. Белгород, НИУ «БелГУ».
- Сравнительная характеристика социально-экономического положения муниципальных образований Белгородской области в январе – сентябре 2008 г. 2008. Белгород, Белгородстат, 28 с.
- Трейвиш А.И. 2012. Сжатие социального геопространства: между реальностью и утопией. Электронный ресурс. URL: <http://demoscope.ru/weekly/2012/0507/tema06.php> (дата обращения: 08.04.2023).

Флорида Р. 2014. Кто твой город? Креативная экономика и выбор места жительства. 2014. Электронный ресурс. URL: <https://hooponoponosecret.ru/books/kto-tvoj-gorod-kreativnaya-ehkonomika-i-vybor-mesta-zhitelstva.pdf?ysclid=lgasc2sw7e92892292> (дата обращения 10.04.2023).

Список литературы

- Аверкиева К.В., Нефедова Т.Г., Кондакова Т.Ю. 2021. Поляризация социально-экономического пространства в регионах старосвоенного Центра России: пример Ярославской области. Мир России. Социология. Этнология, 30(1): 49–66. DOI: 10.17323/1811-038X-2021-30-1-49-66
- Бабурин В.Л. 2009. Циклические механизмы формирования неоднородности географического пространства России. В кн.: Социально-экономическая география: традиции и современность. М.– Смоленск, Ойкумена: 234–250.
- Безруков Л.А. 2010. Сжатие пространства: мифы и реальность. В кн.: Сжатие социально-экономического пространства: новое в теории регионального развития и практике его государственного регулирования. XXVII ежегодная сессия экономико-географической секции МАРС, Мышкин, 03–07 июня 2010. М., Эслан: 32–48.
- Голеусов П.В., Чугунова Н.В., Марциневская Л.В., Польшина М.А., Симон А.И. 2020. Пространственное распределение и ренатурационная динамика постселитебных геосистем Центрально-Черноземного района. Региональные геосистемы, 44(4): 462–473. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-462-473
- Зубаревич Н.В. 2013. Трансформация сельского расселения и сети услуг в сельской местности. Известия Российской Академии Наук. Серия Географическая, 3: 26–38.
- Нефёдова Т.Г., Трейвиш А.И. 2020. Поляризация и сжатие освоенных пространств в центре России: тренды, проблемы, возможные решения. Демографическое обозрение, 7(2): 31–53. DOI: 10.17323/demreview.v7i2.11138
- Розов Н. 2007. Экспортная демодинамика «интеллектуального капитала». Мировая экономика и международные отношения, 5: 125–126.
- Романова Е.А., Виноградова О.Л., Фризина И.В. 2015. Эффект сжатия социально-экономического пространства в условиях приграничья (на примере СЗФО). Балтийский регион, 3(25): 38–61. DOI: 10.5922/2074-9848-2015-3-3
- Смирнягин Л.В. 2016. Судьба географического пространства в социальных науках. Известия Российской Академии Наук. Серия Географическая, 4: 7–19. DOI: 10.15356/0373-2444-2016-4-7-19
- Старосвоенные районы в пространстве России: история и современность. 2021. Под ред. Т.Г. Нефедова. М., Товарищество научных изданий КМК, 379 с.
- Трейвиш А.И. 2010. «Сжатие» пространства: трактовки и модели. В кн.: Сжатие социально-экономического пространства: новое в теории регионального развития и практике его государственного регулирования. XXVII ежегодная сессия экономико-географической секции МАРС, Мышкин, 03–07 июня 2010. М., Эслан: 16–31.
- Украинский В.Н. 2017. Теория поляризованного развития: первые шаги. Регионалистика, 4(5): 92–99.
- Чугунова Н.В., Нарожняя А.Г., Морковская Д.Н. 2022. Структурные особенности ретроспективного использования земель метрополисных ареалов Белгородской, Воронежской, Курской областей в цифровой информационной модели. Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология, 8(74(2)): 44–59.
- Chugunova N.V., Likhnevskaya N.V. 2019. Spatial Differentiation of the Standard of Living in the Population as a Representation of Disproportions in Socioeconomic Development: A Case Study of Belgorod Oblast. Regional Research of Russia, 9(3): 267–277. DOI: 10.1134/S2079970519030031
- Chugunova N., Polyakova T., Narozhnyaya A., Lisetskii F. 2023. Current Challenges to the Sustainable Development of Rural Communities in Russia's Central Chernozem Region. Rural and Regional Development, 1(1): 10001.
- Harvey D. 1990. The Condition of Postmodernity: An Enquiry into the Origins of Cultural Change. Cambridge, MA, Blackwell, 378 p.



References

- Averk'eva K.V., Nefedova T.G., Kondakova T.Yu. 2021. Spatial Socio-Economic Polarization in the Central Developed Regions of Russia: The Case of Yaroslavl Oblast. *Universe of Russia. Sociology. Ethnology*, 30(1): 49–66 (in Russian). DOI: 10.17323/1811-038X-2021-30-1-49-66
- Baburin V.L. 2009. Cyclic Mechanisms Forming the Heterogeneity of Russian Geographical Space. In: *Socio-Economic Geography: Traditions and Modernity*. Moscow, Smolensk, Publ. Ojkumena: 234–250 (in Russian).
- Bezrukov L.A. 2010. Szhatiye prostranstva: mify i realnost [Compression of Space: Myths and Reality]. In: *Szhatiye sotsialno-ekonomicheskogo prostranstva: novoye v teorii regionalnogo razvitiya i praktike ego gosudarstvennogo regulirovaniya* [Compression of the Socio-Economic Space: New in the Theory of Regional Development and the Practice of Its State Regulation]. XXVII Annual Session of the Economic-Geographical Section of MARS, Myshkin, 03–07 June 2010. Myshkin, Publ. Eslan: 32–48.
- Goleusov P.V., Chugunova N.V., Marcinevskaya L.V., Pol'shina M.A., Simon A.I. 2020. Spatial Distribution and Renaturation Dynamics of Post-Settlement Geosystems of the Central Chernozem Region. *Regional geosystems*, 44(4): 462–473. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-462-473
- Zubarevich N.V. 2013. Transformation of the Rural Settlement Pattern and Social Services Network in Rural Areas. *Regional Research of Russia*, 3(3): 221–233. DOI: 10.1134/S2079970513030118
- Nefyodova T.G., Treyvish A.I. 2020. Polarization and Shrinkage of Active Space in the Core of Russia: Trends, Problems and Possible Solutions. *Demographic Review*, 7(2): 31–53. DOI: 10.17323/demreview.v7i2.11138
- Rozov N. 2007. Export Demodynamics of "Intellectual Capital". *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya*, 5: 125–126 (in Russian).
- Romanova E.A., Vinogradova O.L., Frizina I.V. 2015. Social and Economic Space Compression in Border Areas: The Case of the Northwestern Federal District. *Baltic Region*, 3(25): 28–46. DOI: 10.5922/2079-8555-2015-3-3
- Smirnyagin L.V. 2016. The Future of Geographical Space in Social Sciences. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 4: 7–19. DOI: 10.15356/0373-2444-2016-4-7-19
- Starosvoyennyye rayony v prostranstve Rossii: istoriya i sovremennost [Old-Developed Regions in the Space of Russia: History and Modernity]. 2021. Ed. by T.G. Nefedova. Moscow, Publ. Tovarishestvo nauchnykh izdanij KMK, 379 p.
- Treyvish A.I. 2010. «Szhatiye» prostranstva: traktovki i modeli ["Compression" of Space: Interpretations and Models]. In: *Szhatiye sotsialno-ekonomicheskogo prostranstva: novoye v teorii regionalnogo razvitiya i praktike ego gosudarstvennogo regulirovaniya* [Compression of the Socio-Economic Space: New in the Theory of Regional Development and the Practice of Its State Regulation]. XXVII Annual Session of the Economic-Geographical Section of MARS, Myshkin, 03–07 June 2010. Myshkin, Publ. Eslan: 16–31.
- Ukrainsky V.N. 2017. The Theory of Polarized Development: First Steps. *Regionalistika*, 4(5): 92–99 (in Russian).
- Chugunova N.V., Narozhnyaya A.G., Morkovskaya D.N. 2022. Structural Peculiarities of Retrospective Use of Land of Metropolis Areas of Belgorod, Voronezh, Kursk Regions in a Digital Information Model. *Uchyonye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*, 8(74(2)): 44–59.
- Chugunova N.V., Likhnevskaya N.V. 2019. Spatial Differentiation of the Standard of Living in the Population as a Representation of Disproportions in Socioeconomic Development: A Case Study of Belgorod Oblast. *Regional Research of Russia*, 9(3): 267–277. DOI: 10.1134/S2079970519030031
- Chugunova N., Polyakova T., Narozhnyaya A., Lisetskii F. 2023. Current Challenges to the Sustainable Development of Rural Communities in Russia's Central Chernozem Region. *Rural and Regional Development*, 1(1): 10001.
- Harvey D. 1990. *The Condition of Postmodernity: An Enquiry into the Origins of Cultural Change*. Cambridge, MA, Blackwell, 378 p.

*Поступила в редакцию 29.04.2023;
поступила после рецензирования 11.05.2023;
принята к публикации 23.05.2023*

*Received April 29, 2023;
Revised May 11, 2023;
Accepted May 23, 2023*

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

Чугунова Надежда Васильевна, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Полякова Татьяна Анатольевна, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Морковская Дарья Николаевна, студент кафедры природопользования и земельного кадастра, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Ткачев Егор Витальевич, студент кафедры природопользования и земельного кадастра, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nadezhda V. Chugunova, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Environmental Management and Land Cadastre, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Tatiana A. Polyakova, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Environmental Management and Land Cadastre, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Darya N. Morkovskaya, Student of the Department of Environmental Management and Land Cadastre, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Egor V. Tkachev, Student of the Department of Environmental Management and Land Cadastre, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia



УДК 502.7
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-238-251

Оценка природоохранной эффективности национального парка «Хвалынский» Саратовской области

Сергеева И.В., Мохонько Ю.М., Гусакова Н.Н., Андриянова Ю.М.

Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова,
Россия, 410012, Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина, 4, стр. 3
E-mail: mohonko78@mail.ru

Аннотация. В процессе оценки природоохранной ценности и значимости, природоохранной эффективности установлено, что национальный парк «Хвалынский» Саратовской области реализует пять природоохранных функций. Текущая оценка природоохранной эффективности для национального парка «Хвалынский» составляет 56,7 %. Среди основных факторов, которые определяют ее неполноту, выступают внешние антропогенные воздействия в регионе, недостатки управления, а также устранимые недостатки планировки особо охраняемых природных территорий (ООПТ), которые могут быть устранены в ходе совершенствования системы управления территории и снижения действия антропогенных факторов в регионе. Существенный вклад в суммарную природоохранную ценность территории национального парка вносит резерватная функция, затем идут эталонная, эколого-стабилизирующая, «монументальная» и «рефугиумная» функции. Для территории национального парка «Хвалынский» характерно высокое значение консервационной устойчивости (93,4 %), однако при создании оптимальных условий оно вырастет и до 100 %. Показано, что значение устойчивости территории парка к долговременным изменениям природной среды равно 100 %.

Ключевые слова: национальный парк, особо охраняемые природные территории, природоохранная эффективность, природоохранная ценность, антропогенное воздействие

Для цитирования: Сергеева И.В., Мохонько Ю.М., Гусакова Н.Н., Андриянова Ю.М. 2023. Оценка природоохранной эффективности национального парка «Хвалынский» Саратовской области. Региональные геосистемы, 47(2): 238–251. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-238-251

Environmental Efficiency Evaluation of the Khvalynsky National Park Located in the Saratov Region

Irina V. Sergeeva, Yuliya M. Mokhonko, Natalia N. Gusakova, Yuliya M. Andriyanova

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov,
3, bld. 4, named Peter Stolypin Ave, Saratov 410012, Russia
E-mail: mohonko78@mail.ru

Abstract. In the process of assessing the conservation value and significance, environmental efficiency, it was found out that the Khvalynsky National Park located in the Saratov region implements five environmental functions. The current assessment of conservation efficiency for the Khvalynsky National Park is 56.7 %. Among the main factors that determine the incompleteness of the environmental efficiency of the park are external anthropogenic impacts in the region, management deficiencies, as well as eliminated shortcomings in the planning of specially protected natural areas, which can be eliminated in the course of improving the territory management system and reducing the impact of anthropogenic factors in the region. A significant contribution to the total conservation value of the territory of the national park is made by the reserve function, followed by the reference, environmentally stabilizing, "monumental" and "refugium"

functions. The territory of the Khvalynsky National Park is characterized by a high value of conservation stability (93.4 %), however, it can be increased to 100 %. It is shown that the value of the park territory stability to long-term changes in the natural environment is 100 %.

Keywords: national park, specially protected natural areas, environmental efficiency, conservation value, anthropogenic impact

For citation: Sergeeva I.V., Mokhonko Yu.M., Guskova N.N., Andriyanova Yu.M. 2023. Environmental Efficiency Evaluation of the Khvalynsky National Park Located in the Saratov Region. Regional geosystems, 47(2): 238–251 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-238-251

Введение

На территории Российской Федерации располагается большое количество различных форм особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Они могут обеспечивать значительный природоохранный эффект, если в процессе их организации были учтены следующие основные показатели: наличие исчезающих и редких видов животных и растений, значения показателей биоразнообразия, репрезентативность флоры и фауны, характер границ ООПТ, выполнение ими экологических функций в регионе, наличие экологического риска от различных видов природопользования, взаимосвязи между охраняемыми природными территориями.

Однако возможность снижения природоохранной эффективности ООПТ в современных условиях подталкивает к необходимости ее более тщательного изучения, комплексной оценки и разработки корректирующих мероприятий [Веселин, 2001; Бузмаков и др., 2011; Стишов, 2012; Буткова, 2017; Vishnyakov, Zelenskaya, 2018; Андриянова и др., 2019; Белонская и др., 2019; Гришуткин и др., 2019; Петрова, 2020; Andriianova at al., 2020; Гришина и др., 2021; Самоделко, Ротанова, 2021; Ieshko at al., 2021; Богдан и др., 2022; Гришина и др., 2022; Колосов и др., 2022; Сайфуллин и др., 2022].

Целью наших исследований стала оценка природоохранной эффективности национального парка «Хвалынский» Хвалынского района Саратовской области.

Основные задачи исследования:

- провести оценку природоохранной ценности и значимости национального парка «Хвалынский» Хвалынского района Саратовской области;
- оценить перспективную природоохранную эффективность и устойчивость к долгосрочным изменениям природной среды национального парка «Хвалынский» Хвалынского района Саратовской области.

Объекты и методы исследования

Наши исследования проводились в национальном парке «Хвалынский» Хвалынского района Саратовской области. Хвалынский район – самый северный район Саратовской области. Вся территория района расположена на гористом плато Приволжской возвышенности, наиболее высокая часть, которой круто обрывается в 2–4 км от города Хвалынска. В Хвалынском районе располагается единственное в Нижнем Поволжье уникальное ФГБУ «Национальный парк «Хвалынский», на территории которого имеются природные объекты и комплексы, которые имеют важную историческую, экологическую и эстетическую ценность. Парк расположен в северо-восточной части Саратовского Правобережья и в юго-восточной части Приволжской возвышенности.

Национальный парк «Хвалынский» представляет собой уникальное природное образование на Приволжской возвышенности, где строго охраняются природные комплексы на меловых склонах и водораздельные участки на кварцевых песках, опоковидных песчаниках и опоках, на которых произрастают сообщества кальцефильной, петрофильной

флоры, некоторые лесные и степные эндемики. Особо охраняются некоторые ландшафтные местности и урочища Хвалынских гор (комплекс сложных урочищ горы Белой, ландшафтная местность «Армейские горы»). Разнообразие природных условий и сложность истории формирования территории национального парка определяет высокое флористическое и фаунистическое богатство [Макаров и др., 2006; Макаров, 2007].

Территория национального парка «Хвалынский» делится на 3 функциональные зоны: заповедную зону (1359 га), рекреационную зону (3551 га), зону хозяйственного назначения (20604 га) (рис. 1).

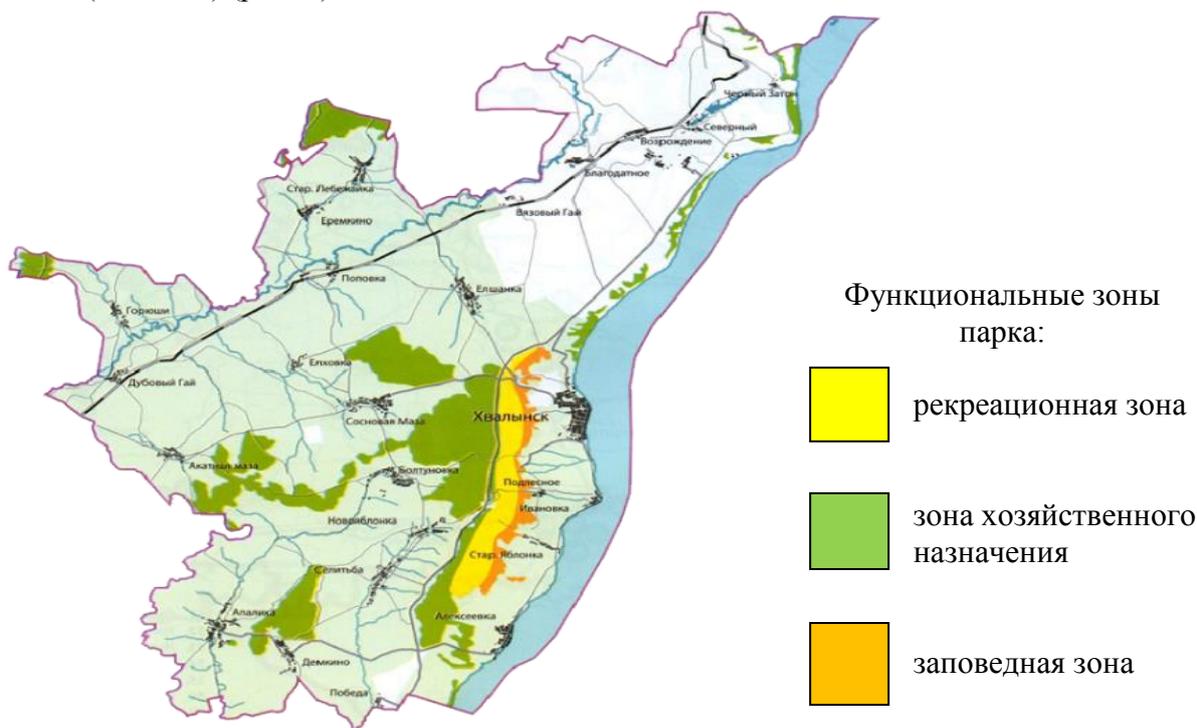


Рис. 1. Границы и функциональные зоны национального парка «Хвалынский»
Fig. 1. Borders and functional zones of the Khvalynsky National Park

Для определения природоохранной эффективности территории национального парка «Хвалынский» Хвалынского района Саратовской области использовалась «Методика оценки природоохранной эффективности особо охраняемых природных территорий и их региональных систем».

Природоохранная эффективность национального парка – это оцениваемый параметр, который характеризует полноту реализации особо охраняемой природной территории ее основных природоохранных задач, обусловленных ее статусом и природными особенностями.

Определение природоохранной эффективности территории национального парка осуществлялась по основным показателям: природоохранная значимость территории (суммарная и удельная), природоохранная ценность территории (суммарная и удельная), целостность системы охраняемых территорий, индикаторы неполноты природоохранной эффективности, устойчивость природных территорий к долговременным изменениям среды (динамическая, консервационная, общая).

Оценка природоохранной ценности и текущей природоохранной эффективности включала семь этапов: подготовительный этап, оценка базовых показателей, расчет показателей природоохранной ценности, значимости и природоохранной эффективности для отдельных составляющих природоохранных функций, оценка потенциальной текущей природоохранной эффективности составляющих природоохранных функций, расчет суммар-

ных показателей для компонентов природоохранных функций, расчет суммарных показателей для природоохранных функций, расчет суммарных показателей для особо охраняемых природных территорий.

Результаты и их обсуждение

Природоохранная ценность отражает ценность ООПТ в сохранении природного разнообразия, т. е. разнообразие природных комплексов и объектов, их представленности на данной территории, степенью редкости в масштабах региона, страны и мира, и контраста с неохраняемым окружением. Важной функцией природоохранной ценности является природоохранная значимость.

Оценка значимости текущей природоохранной эффективности и природоохранной ценности национального парка «Хвалынский» формируется с учетом базовых природоохранных функций.

Эталонная функция реализуется в сохранении на особо охраняемой природной территории малонарушенных и ненарушенных природных комплексов, которые характерны для конкретного природного региона с соответствующим биологическим разнообразием. Основными составляющими, которые определяют эталонную функцию, являются: нарушение экосистемы, эталонные экосистемы, природное разнообразие и чужеродные элементы. Исследования показали, что природоохранная ценность национального парка по видовому богатству составляет 4 единицы (57,0 %), ландшафтное разнообразие – 3 единицы (43,0 %), что говорит о высокой природоохранной эффективности территории национального парка (75,0 %).

Было выявлено, что основной причиной неполноты природного разнообразия национального парка «Хвалынский» являются имеющие критические значения устранимые недостатки управления и антропогенные воздействия регионального происхождения.

Наличие чужеродных элементов на ООПТ выступает одним из важных факторов оценки их природного разнообразия. В процессе исследований на территории парка были выявлены чужеродные сообщества, которые оказывали незначительное влияние на его природные комплексы, в связи с чем природоохранная эффективность национального парка с учетом чужеродных сообществ составляет 75,0 % (табл. 1).

Установлено, что его природоохранная ценность по чуждым и синантропным видам находится в пределах 4 единиц (57,0 %), по чужеродным сообществам и экосистемам – 3 единиц (43,0 %). При этом природоохранная эффективность национального парка «Хвалынский» по чуждым и синантропным видам равна 100 %, по чужеродным сообществам и экосистемам – 50,0 %, что свидетельствует о высокой природоохранной эффективности парка.

Таблица 1
Table 1

Чужеродные элементы национального парка «Хвалынский» Саратовской области
Alienelements of the Khvalynsky National Park of the Saratov region

Компоненты	Репрезентативность	Контраст с окружением	Природоохранная ценность	Текущее состояние	Природоохранная значимость	Природоохранная эффективность
Чуждые и синантропные виды	2,0	2,0	4,0	4,0	4,0	100
Чужеродные сообщества и экосистемы	2,0	1,0	3,0	2,0	1,5	50,0
Сумма	4,0	3,0	7,0	6,0	7,75	–
Среднее	2,0	1,5	–	3,0	–	75,0



На территории национального парка «Хвалынский» обнаружен один основной тип эталонной экосистемы (первая категория), характерной для географического расположения региона. Данная эталонная экосистема в полной мере сохраняет естественный облик территории, а, следовательно, природоохранная эффективность национального парка «Хвалынский» равна 100 %.

Трансформированные и нарушенные экосистемы на территории парка занимают относительно небольшие площади, и их расширение не наблюдается, следовательно, эффективность территории парка в охране ненарушенных экосистем равна 50,0 %. Очевидно, что главной причиной нарушений и трансформированности экосистем национального парка являются антропогенные воздействия от внешних источников в регионе. Таким образом, все четыре показателя, составляющие эталонную природоохранную функцию характеризуются средними значениями. В целом природоохранная эффективность национального парка «Хвалынский» равна 75,0 %. Минимальное влияние на показатели значимости и природоохранной ценности территории парка оказывают эталонные экосистемы из-за их небольшой численности.

Более значимым фактором, характеризующим неполноту природоохранной эффективности эталонной функции национального парка, является внешнее антропогенное воздействие, которое имеет источник в Поволжском регионе.

Таким образом, анализ полученных результатов свидетельствует о незначительном воздействии на территорию национального парка показателей неполноты природоохранной эффективности эталонной функции.

За сохранность редких и исчезающих видов, их сообществ и экосистем на охраняемых природных территориях отвечает «рефугиумная» природоохранная функция. В национальном парке «Хвалынский» встречается 168 видов, занесенных в Красную книгу Саратовской области, 48 видов – в Красную книгу Российской Федерации и 3 вида, занесенных в международную Красную книгу.

Оценка проводилась по:

– восьми видам Красной книги Российской Федерации, находящихся на территории страны, а также «точечным» локальным эндемикам (полынь (*Artemisia* L.), душистый левкой (*Matthiola fragrans* (Fisch.) Bunge), лапчатка волжская (*Potentilla vulgarica* Juz.), степной сурок (*Marmota bobak* Statius Müller), обыкновенная медянка (*Coronella austriaca* Laurenti), степная гадюка (*Vipera ursinii* Bonaparte), заяц-русак (*Lepus europaeus* Pallas), сосна меловая (*Pinus sylvestris* var. *cretacea* Kalenicz.ex Kom.));

– семи видам, занесенным в Красную книгу РФ (которые встречаются и за пределами нашей страны), видам внесенных в Красные книги регионов, некоторым объектам растительного и животного мира, численность которых сокращается в результате антропогенной деятельности, а также региональным эндемикам (адонис волжский (*Adonis wolgensis* Stevenex DC.), прострел раскрытый (*Pulsatilla patens* (L.) Mill.), венерин башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus* L.), тонколистный пион (*Paeonia tenuifolia* L.), тюльпан Геснера (*Tulipa gesneriana* L.), степной сурок (*Marmota bobak* Statius Müller), пыльцеголовник красный (*Cephalanthera rubra* (L.) Rich);

– пяти таксонам региональных Красных книг или перечня особо охраняемых объектов растительного и животного мира, которые встречаются за границами своего естественного распространения (скопа (*Pandion haliaetus* Linnaeus), серый журавль (*Grus grus* Linnaeus), орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla* Linnaeus), ковыль красивейший (*Stipa pulcherrima* K. Koch), орляк-обыкновенный (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn)).

Из 8 таксонов Красной книги РФ значительную ценность представляют лапчатка волжская (*Potentilla vulgarica* Juz.) и сосна меловая (*Pinus sylvestris* var. *cretacea* Kalenicz.ex Kom.), исчезновение которых на территории национального парка будет означать гибель их мировой популяции. Для других 6 видов национальный парк также выступает весьма

значимой территорией. Популяции всех 8 видов первой категории стабильны, при оптимальных для жизнедеятельности параметрах, но показатели их природоохранной значимости в 2 раза меньше, чем природоохранной ценности (59,4 %).

Исчезновение на территории национального парка таких ценных видов, как венерин башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus* L.) и пыльцеголовник красный (*Cephalanthera rubra* (L.) Rich) нанесет непоправимый ущерб их мировым популяциям. За ними следуют тюльпан Геснера (*Tulipa gesneriana* L.) и степной сурок (*Marmota bobak* Staius Müller). Остальные виды второй категории обильны и благополучны за границами парка, как и в его приделах. Следовательно, эти виды находятся в стабильном состоянии и природоохранная эффективность национального парка равна 71,4 %. Из пяти видов третьей категории три представлены шире по сравнению с окружающей парк территорией и выступают как ценные природные объекты. Состояние этих популяций относительно стабильно, но параметры популяции у двух из них нестабильны, поэтому природоохранная эффективность парка оказывается неполной для их охраны. Установлено, что все охраняемые виды равнозначны по вкладу в суммарные показатели природоохранной значимости и природоохранной ценности национального парка «Хвалынский» в сохранении редких видов. Суммарная природоохранная ценность редких таксонов первой категории составляет 48,0 %, второй категории – 16,0 %, третьей категории – 36,0 %, суммарная природоохранная значимость редких таксонов, соответственно, равна 31,0 %, 37,0 % и 32,0 %. В целом природоохранная эффективность национального парка в сохранении популяций редких видов оказывается средней, составляя 63,6 %, при этом она максимальна для второй категории таксонов (71,4 %) и минимальна для первой и третьей категорий (59,4 % и 60,0 %).

Природоохранная эффективность редких сообществ и таксонов национального парка «Хвалынский» в целом составляет 55,6 %.

Основными факторами неполноты эффективности являются недостатки управления, внешние воздействия, имеющие антропогенные источники в регионе, устранимые недостатки планировки охраняемой территории.

Роль ООПТ в воспроизводстве растений и животных, имеющих хозяйственную ценность, в сохранении крупных скоплений животных, особенно уязвимых в силу образования ими на определенных этапах жизненного цикла подобных скоплений, определяет резерватную природоохранную функцию территории.

На территории национального парка «Хвалынский» имеется 7 важных групп охотничье-промысловых видов животных, популяции которых, за исключением водоплавающих птиц, очень малочисленны, но все же находятся в более благоприятном состоянии, чем на близлежащих территориях. Природоохранная эффективность национального парка в сохранении и поддержании всех охотничье-промысловых видов находится на уровне 56,9 %. Установлено, что в суммарные значения природоохранной ценности и значимости территории национального парка огромный вклад вносят все группы охотничье-промысловых животных, особенно при повышенных долях грызунов, зайцеобразных и куриных (32,8 %), копытных (26,1 %), мелких и средних хищников (12,9 %).

Формирование на ООПТ уникальных природных объектов, являющихся «исключительными природными феноменами», «территориями исключительной природной красоты и эстетической ценности» или представляющих исключительную научно-познавательную ценность, характеризуют «монументальную» природоохранную функцию.

Высокой эстетической, научно-познавательной и природоохранной ценностью характеризуются шесть природных объектов национального парка «Хвалынский»: один геолого-геоморфологический (меловые горы), один биологический (реликтовые меловые сосны), четыре гидрологических и гляциологических (р. Яблонка, р. Черемшанка, родник «Святой», родник Водоносный). Их состояние в целом оценивается как достаточно ста-

бильное. Суммарная природоохранная ценность гидрологических и гляциологических природных объектов составляет 75,0 %, биологических – 13,0 % и геолого-геоморфологических – 12,0 %, а суммарная природоохранная значимость равна, соответственно, – 80,0 %, 7,0 % и 13,0 %.

В национальном парке «Хвалынский» встречаются ландшафты, которые имеют уникальную научно-познавательную или эстетическую ценность: Уза-Алайский, Верхне-Терешкинский, Волго-Терешкинский, Средне-Терешкинский, Волго-Терский. Однако они характеризуются относительно невысокой природной ценностью ввиду наличия их аналогов за пределами парка. Природоохранная эффективность национального парка в отношении сохранения этих ландшафтов равна лишь 52,4 %. Следовательно, с учетом всех показателей природоохранная эффективность «монументальной» функции составляет 50,0 %. Наиболее значимыми индикаторами, которые показывают ее неполноту, выступают как недостатки управления, так и внешние антропогенные воздействия, которые имеют источники в Поволжском регионе. Менее существенными факторами по принципу воздействия на территорию парка выступают устранимые недостатки планировки ООПТ и внешние воздействия, которые имеют антропогенные источники за пределами региона. При этом показатели причин недостаточной эффективности «монументальной» функции несущественно влияют на территорию национального парка «Хвалынский».

Эколого-стабилизирующая природоохранная функция заключается в предоставлении особо охраняемой природной территории различного рода экосистемных услуг, которые являются значимыми как для окружающих ее территорий, так и для более удаленных.

В ходе исследований нами было определено, что территория национального парка обеспечивает выполнение всех видов экосистемных услуг, из которых более существенными выступают обеспечение запасов и качества воды, смягчение последствий изменения климата, а также поддержание и воспроизводство ценных видов. Природоохранная эффективность территории национального парка для поддержания всей эколого-стабилизирующей функции равна 43,5 % (рис. 2).

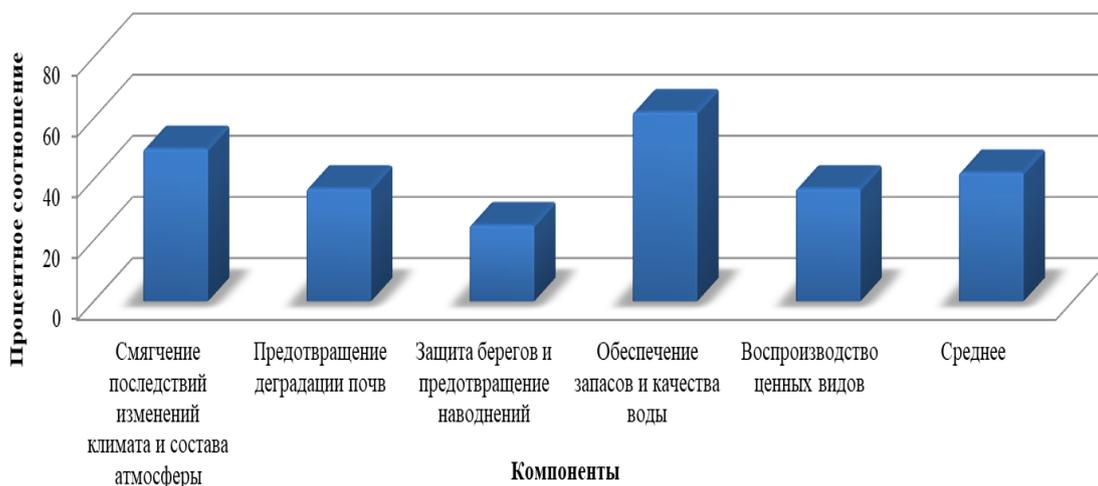


Рис. 2. Природоохранная эффективность природных объектов высокой природоохранной и научно-познавательной значимости национального парка «Хвалынский» Саратовской области

Fig. 2. Environmental efficiency of natural objects of high environmental and scientific and educational significance of the Khvalynsky National Park of the Saratov region

Более значимыми аспектами, которые характеризуют неполноту природоохранной эффективности эколого-стабилизирующей функции национального парка «Хвалынский», выступают внешние воздействия, имеющие антропогенные источники в регионе, недостатки системы управления, как устранимые, так и неустраняемые недостатки планировки

ООПТ, природные факторы непреодолимой силы. При этом показатели, которые способствуют низкой эффективности эколого-стабилизирующей функции, несущественно воздействуют на территорию парка.

Таким образом, национальный парк «Хвалынский» выполняет все природоохранные функции, которые отличаются различными показателями репрезентативности и контрастности с окружающей средой. Эталонной и эколого-стабилизирующей функциям соответствуют большая репрезентативность и меньший контраст с окружением, и наоборот, «монументальная» функция показывает низкую репрезентативность и высокий контраст с окружающей территорией. Поэтому национальный парк «Хвалынский» является эталонным участком для Поволжского региона.

В процессе исследований установлено, что текущая природоохранная эффективность национального парка составляет 56,1 %, в том числе 75,0 % – для эталонной функции, 57,5 % – для «рефугиумной» функции, 56,0 % – для резерватной функции, 50,0 % – для «монументальной» функции, 42,2 % – для эколого-стабилизирующей функции.

Среди факторов, которые определяют неполноту природоохранной эффективности национального парка «Хвалынский», более значимыми выступают недостатки управления и внешние воздействия, имеющие антропогенные источники в самом регионе. Поэтому общая природоохранная эффективность национального парка не равна 100 %. Однако действие многих показателей, которые определяют текущую неполноту эффективности, возможно нивелировать как за счет совершенствования системы управления территорией, так и путем сглаживания действия неблагоприятных антропогенных источников в регионе.

Резерватная функция вносит наибольший вклад в суммарную природоохранную ценность территории национального парка, затем следуют эталонная, эколого-стабилизирующая, «монументальная» функции. «Рефугиумная» функция характеризуется более низкими показателями по сравнению с другими природоохранными функциями. Но в суммарной природоохранной значимости территории национального парка, по сравнению с природоохранной ценностью, значительно снижена доля эколого-стабилизирующей функции. Следовательно, национальный парк «Хвалынский» характеризуется средним показателем природоохранной эффективности 56,7 %. Это вызвано недостаточно хорошо организованной охраной редких видов, уникальных природных объектов и ландшафтов, воздействием антропогенных факторов как в Саратовской области, так и за ее границами. Путем оптимизации туристической деятельности, совершенствования системы управления можно увеличить природоохранную эффективность национального парка «Хвалынский» до 97,0 %. Общую природоохранную эффективность национального парка можно повысить и до 99,0 %, если минимизировать отрицательные последствия деятельности человека на популяции редких животных, особенно когда они пребывают за пределами парка.

В ходе исследований нами была определена устойчивость к долговременным изменениям среды и перспективная природоохранная эффективность пространства национального парка «Хвалынский». Оценка устойчивости природных территорий к долговременным глобальным изменениям среды основывается на определении консервационной, динамической и общей устойчивости. При определении консервационной устойчивости территории национального парка к глобальным изменениям окружающей среды определялись устойчивость литогенной основы ландшафтов к климатическим изменениям, географическое положение, площадь и ландшафтное разнообразие. Выявлено, что все показатели консервационной устойчивости территории национального парка к долговременным изменениям окружающей среды имеют высокие значения, что свидетельствует о большой степени благоприятности территории для сохранения имеющихся природных комплексов (93,4 %). При оптимизации земель национального парка значение консервационной устойчивости может возрасти до 100 % (рис. 3).

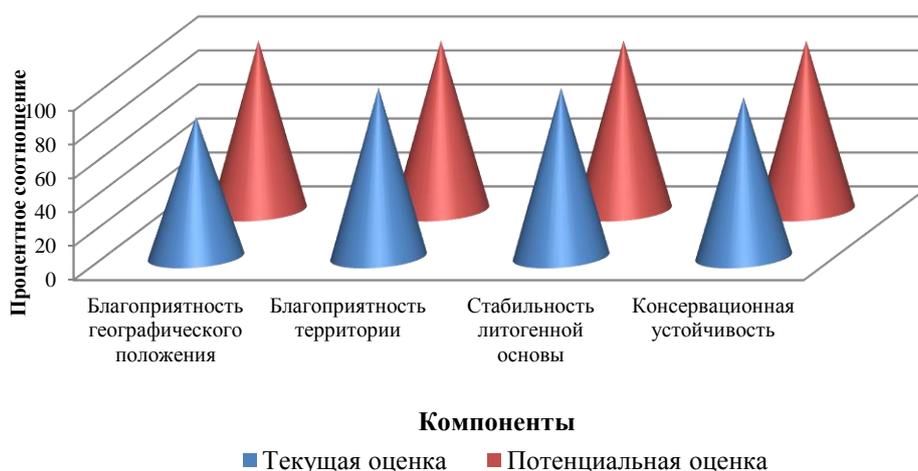


Рис. 3. Итоговые показатели консервационной устойчивости национального парка «Хвалынский» Саратовской области
 Fig. 3. Final indicators of the conservation sustainability of the Khvalynsky National Park of the Saratov region

Основными показателями динамической устойчивости ООПТ являются разнообразие экстразональных и реликтовых элементов, ее взаимосвязь с другими территориями.

Исследованиями выявлено, что потенциальная благоприятность территории национального парка «Хвалынский» выше среднего (75,0 %), что доказывает стабильность ее развития. Показано, что значения динамической устойчивости территории парка к долговременным изменениям условий окружающей среды варьируют на среднем уровне, это свидетельствует о достаточно стабильном естественном ходе природных процессов в национальном парке под действием возможных негативных изменений. Однако общий показатель устойчивости территории национального парка к долговременным изменениям окружающей среды равен 100 %, но путем оптимизации территории и при увеличении разнообразия экстразональных элементов он может повыситься до 200 %.

Оценка перспективной природоохранной эффективности ООПТ осуществляется по ее текущей эффективности, безопасности, а также устойчивости к изменениям окружающей среды (рис. 4).

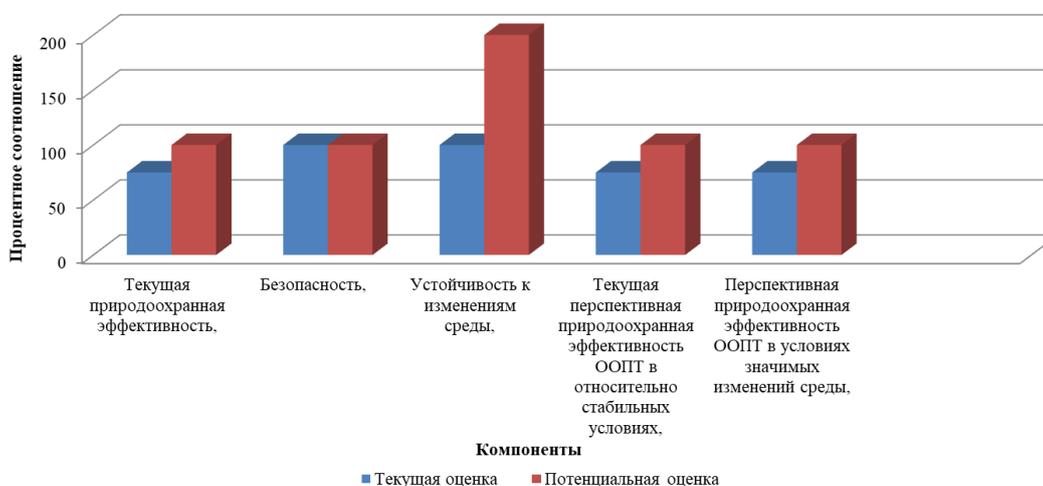


Рис. 4. Перспективная природоохранная эффективность национального парка «Хвалынский» Саратовской области
 Fig. 4. Perspective environmental efficiency of the Khvalynsky National Park of the Saratov region

В будущем без осуществления мероприятий по оптимизации территории, природоохранная эффективность национального парка может снизиться с 76,0 до 72,0 %. Выполнение мероприятий по увеличению текущей эффективности и предотвращению ее понижения в будущем приведет к повышению значения перспективной природоохранной эффективности национального парка до 87,0 %.

При глобальных изменениях природной среды и без внедрения природоохранных мероприятий природоохранная эффективность национального парка, возможно, уменьшится до 68,0–71,0 %, однако при реализации оптимизационных действий значение перспективной эффективности достигнет 100 %.

Заключение

В ходе оценки природоохранной эффективности национального парка «Хвалынский» Хвалынского района Саратовской области установлено, что он выполняет все природоохранные функции. Высокая репрезентативность и меньший контраст с окружающей средой соответствуют эколого-стабилизирующей и эталонной функциям, низкая репрезентативность и наибольший контраст с окружением отмечается у «монументальной» функции.

Следовательно, территория национального парка выступает репрезентативным эталонным участком для Саратовской области. Текущая оценка природоохранной эффективности для национального парка «Хвалынский» составляет 56,7 %. Неполнота природоохранной эффективности национального парка в основном связана как с недостатками управления, внешними антропогенными воздействиями в регионе, так и с устранимыми недостатками планировки охраняемой природной территории. При этом воздействие данных факторов, которые определяют текущую неполноту природоохранной эффективности, можно с течением времени постепенно устранить. Резерватная функция вносит существенный вклад в суммарную природоохранную ценность территории национального парка, затем идут эталонная, эколого-стабилизирующая, «монументальная» и «рефугиумная» функции соответственно. Для территории национального парка «Хвалынский» характерно высокое значение консервационной устойчивости (93,4 %), однако при создании оптимальных условий оно может возрасти и до 100 %.

Рекомендации по устранению неполноты эффективности и способы оптимизации функционирования национального парка «Хвалынский»:

– улучшение условий охраны редких и исчезающих видов, сохранения уникальных природных объектов и ландшафтов, оптимизация туристической деятельности путем совершенствования управления будут способствовать повышению природоохранной эффективности парка до 97,0 %. В случае снижения антропогенного влияния на популяции животных, когда они находятся за пределами национального парка, общая природоохранная эффективность может увеличиться до 99–100 %;

– в будущем природоохранная эффективность национального парка «Хвалынский» возможно уменьшится до 68,0–72,0 %, если не внедрять каких-либо природоохранных мер, но при осуществлении мероприятий по совершенствованию и развитию территории показатель перспективной эффективности будет равен 100 %.

Следовательно, в будущем при некоторых негативных изменениях окружающей среды может прослеживаться тенденция уменьшения природоохранной эффективности национального парка «Хвалынский». Поэтому возникает необходимость разработки и внедрения природоохранных мероприятий по выявлению и своевременному устранению источников отрицательных воздействий на территорию парка.

Список литературы

- Андриянова Ю.М., Мохонько Ю.М., Сергеева И.В., Гусакова Н.Н. 2019. Оценка рекреационного использования особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности, 27(2): 117–127. DOI:10.22363/2313-2310-2019-27-2-117-127
- Белоновская Е.А., Виноградова В.В., Пономарев М.А., Тишков А.А., Царевская Н.Г. 2019. Оценка рекреационного потенциала национального парка «Валдайский». Известия Российской академии наук. Серия географическая, 4: 97–111. DOI: 10.31857/S2587-55662019497-111
- Богдан Е.А., Нигматуллин А.Ф., Белан Л.Н., Бакиева Э.В., Вильданов И.Р., Мокеев Д.Ю., Бигильдина Э.Р. 2022. Оценка состояния особо охраняемых природных территорий некоторых северных и центральных районов республики Башкортостан. Вестник Академии наук Республики Башкортостан, 4(108): 27–38. DOI: 10.24412/1728-5283_2022_4_27_38
- Бузмаков С.А., Овеснов С.А., Шепель А.И., Зайцев А.А. 2011. Методические указания «Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий регионального значения». Географический вестник, 2(17): 49–59.
- Буткова А.А. 2017. Особенности развития экологического туризма в национальных парках России (на примере Забайкальского и Прибайкальского национальных парков). Антропогенная трансформация природной среды, 3: 33–35.
- Веселин Б.В. 2001. Национальные парки России: вчера, сегодня, завтра. Заповедные острова, 1: 2–3.
- Гришина А.А., Сергеева И.В., Мохонько Ю.М., Андриянова Ю.М., Гусакова Н.Н. 2022. Определение эталонной природоохранной функции национального парка «Хвалынский» Саратовской области. В кн.: Охрана биоразнообразия и экологические проблемы природопользования. Сборник статей III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Пенза, 24–25 мая 2022 г. Пенза, Пензенский государственный аграрный университет: 34–38.
- Гришина А.А., Сергеева И.В., Мохонько Ю.М., Андриянова Ю.М., Гусакова Н.Н. 2021. Оценка резерватной природоохранной функции НП «Хвалынский» Саратовской области. В кн.: Вавиловские чтения – 2021. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 134-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 24–26 ноября 2021. Саратов, Амирит, 58–62.
- Гришуткин О.Г., Чалдышкин И.С., Осинин Р.В. 2019. Оценка рекреационной нагрузки на ландшафты Мордовского заповедника в местах массового пребывания посетителей. Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П.Г. Смидовича, 23: 58–65.
- Колосов П.Н., Киприянова Л.Д., Михайлова Е.И., Семенов А.А. 2022. 10 лет объекту ЮНЕСКО – национальному парку «Ленские столбы». Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, 2(88): 5–18.
- Макаров В.З., Чумаченко А.Н., Савинов В.А., Данилов В.А. 2006. Национальный парк «Хвалынский»: ландшафтная характеристика и географическая информационная система. Саратов, Издательство Саратовского университета, 148 с.
- Макаров В.З. 2007. Особо охраняемые природные территории Саратовской области: национальный парк, природные микрозаповедники, памятники природы, дендрарии, ботанический сад, особо охраняемые геологические объекты. Саратов, Издательство Саратовского государственного университета, 300 с.
- Петрова О.В. 2020. Оценка экотуристического потенциала особо охраняемых природных территорий Мурманской области. Вестник Кольского научного центра РАН, 12(4): 5–13.
- Сайфуллин И.Ю., Сайфуллина Е.Н., Иноземцева Д.Н., Глимянов У.А., Хасанов Р.Р. 2022. Организация туристских маршрутов на охраняемой территории (на примере национального парка «Зигальга»). Астраханский вестник экологического образования, 3(69): 71–78. DOI: 10.36698/2304-5957-2022-3-57-71-78
- Самodelко И.Л., Ротанова И.Н. 2021. Оценка пейзажно-эстетической привлекательности прибрежных ландшафтов озер Баянаульского национального парка. География и природопользование Сибири, 28: 111–121.
- Стишов М.С. 2012. Методика оценки природоохранной эффективности особо охраняемых природных территорий и их региональных систем. М., Всемирный фонд природы, 284 с.

- Andriianova Iu.M., Sergeeva I.V., Mokhonko Iu.M., Gusakova N.N. 2020. Assessment of environmental Value of Specially Protected Natural Territories of Saratov Region. In: International Symposium «Earth sciences: history, contemporary issues and prospects». IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, 10 March 2020. Moscow, OP Publishing Ltd, Vol. 579: 012057. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012057
- Ieshko E.P., Kuznetsov O.L., Tirronen K.F., Tarkhov S.V. 2021. Research in the Kostomuksha State Nature Reserve (Russia) and Other Protected Areas of Northern Europe. *Nature Conservation Research*, 6(S1): 1–4. DOI: 10.24189/ncr.2021.031
- Vishnyakov N.V., Zelenskaya O.Y. 2018. Monitoring of the Tourist-Recreational Activity of Specially Protected Natural Territories as an Effective Indicator of Predicted Development of Tourist Territories. *South of Russia: Ecology, Development*, 13(4): 119–128. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-4-119-128

References

- Andriyanova Yu.M., Mokhonko Yu.M., Sergeeva I.V., Gusakova N.N. 2019. Assessment of Recreational Use of Specially Protected Natural Territories of Tatischevsky District of Saratov Region. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 27(2): 117–127 (in Russian). DOI: 10.22363/2313-2310-2019-27-2-117-127
- Belonovskaya E.A., Vinogradova V.V., Ponomarev M.A., Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G. 2019. Evaluating the Recreation Potential of the National Park "Valdaiskiy" (Novgorodskaya Oblast, Russia). *Geographic Series*, 4: 97–111 (in Russian). DOI: 10.31857/S2587-55662019497-111.
- Bogdan E.A., Nigmatullin A.F., Belan L.N., Bakieva E.V., Vildanov I.R., Mokeev D.Yu., Bigildina E.R. 2022. Assessment of the state of specially protected natural areas in some northern and central regions of the Republic of Bashkortostan. *Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan*, 4(108): 27–38 (in Russian). DOI: 10.24412/1728-5283_2022_4_27_38
- Buzmakov S.A., Ovesnov S.A., Shepel A.I., Zaitsev A.A. 2011. Methodical Instructions "Environmental Assessment of Especially Protected Natural Territories of Regional Importance". *Geographical Bulletin*, 2(17): 49–59 (in Russian).
- Butkova A.A. 2017. Features of Development of Ecological Tourism in National Parks of Russia (on the Example of Zabaikalsky and Pribaikalsky National Parks). *Anthropogenic transformation of the natural environment*, 3: 33–35 (in Russian).
- Veselin B.V. 2001. *Natsionalnyye parki Rossii: vchera. segodnya. zavtra* [National Parks of Russia: Yesterday, Today, Tomorrow]. *Zapovednyye ostrova*, 1: 2–3.
- Grishina A.A., Sergeeva I.V., Mokhonko Yu.M., Andriyanova Yu.M., Gusakova N.N. 2022. Determination of the Reference Conservation Function of the Khvalynsky National Park in the Saratov Region. In: *Biodiversity Protection and Ecological Problems of Nature Management. Collection of articles of the III All-Russian (National) Scientific and Practical Conference, Penza, 24–25 May 2022*. Penza, Publ. Penza State Agrarian University: 34–38 (in Russian).
- Grishina A.A., Sergeeva I.V., Mokhonko Yu.M., Andriyanova Yu.M., Gusakova N.N. 2021. Assessment of the Reserve Nature Protection Function of NP "Khvalynsky" of the Saratov Region. In: *Vavilov Readings – 2021. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 134th anniversary of Academician N.I. Vavilov, Saratov, 24–26 November 2021*. Saratov, Publ. Amirit, 58–62 (in Russian).
- Grishutkin O.G., Chaldyshkin I.S., Osinin R.V. 2019. Assessment of the Recreational Load on the Landscapes of the Mordovia Reserve in Places of Mass Visitor Stay. *Proceedings of the Mordovia State Natural Reserve named after P.G. Smidovich*, 23: 58–65 (in Russian).
- Kolosov P.N., Kipriyanova L.D., Mikhailova E.I., Semenov A.A. 2022. 10 years of the UNESCO site – the Lena Pillars National Park. *Bulletin of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov*, 2(88): 5–18 (in Russian).
- Makarov V.Z., Chumachenko A.N., Savinov V.A., Danilov V.A. 2006. *Natsionalnyy park «Khvalynskiy»: landshaftnaya kharakteristika i geograficheskaya informatsionnaya sistema* [Khvalynsky National Park: Landscape Characteristics and Geographic Information System]. Saratov, Publ. Saratov University Press, 148 p.
- Makarov V.Z. 2007. *Osobo okhranyayemye prirodnyye territorii Saratovskoy oblasti: natsionalnyy park. prirodnyye mikrozapovedniki. pamyatniki prirody. dendrarii. botanicheskiy sad. osobo*



- okhranyayemyye geologicheskiye obyekty [Specially Protected Natural Territories of the Saratov Region: National Park, Natural Micro-Reserves, Natural Monuments, Arboretums, Botanical Garden, Specially Protected Geological Objects]. Saratov, Publ. Saratov State University, 300 p.
- Petrova O.V. 2020. Assessment of the Ecotourism Potential of Specially Protected Natural Areas of the Murmansk Region. Bulletin of the Kola Science Center RAS, 12(4): 5–13 (in Russian).
- Saifullin I.Yu., Saifullina E.N., Inozemtseva D.N., Glimyanov U.A., Khasanov R.R. 2022. Organization of Tourist Routes in a Protected Area (on the Example of the Zigalga National Park). Astrakhan Bulletin of Environmental Education, 3(69): 71–78 (in Russian). DOI: 10.36698/2304-5957-2022-3-57-71-78
- Samodelko I.L., Rotanova I.N. 2021. Assessment of the Landscape and Aesthetic Attractiveness of the Coastal Landscapes of the Lakes of the Bayanaul National Park. Geography and nature management of Siberia, 28: 111–121 (in Russian).
- Stishov M.S. 2012. Metodika otsenki prirodookhrannoy effektivnosti osobo okhranyayemykh prirodnykh territoriy i ikh regionalnykh sistem [Methodology for Assessing the Environmental Efficiency of Specially Protected Natural Areas and Their Regional Systems]. Moscow, Publ. Vsemirnyy fond prirody, 284 p.
- Andriianova Iu.M., Sergeeva I.V., Mokhonko Iu.M., Gusakova N.N. 2020. Assessment of environmental Value of Specially Protected Natural Territories of Saratov Region. In: International Symposium «Earth sciences: history, contemporary issues and prospects». IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, 10 March 2020. Moscow, OP Publishing Ltd, Vol. 579: 012057. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012057
- Ieshko E.P., Kuznetsov O.L., Tirronen K.F., Tarkhov S.V. 2021. Research in the Kostomuksha State Nature Reserve (Russia) and Other Protected Areas of Northern Europe. Nature Conservation Research, 6(S1): 1–4. DOI: 10.24189/ncr.2021.031
- Vishnyakov N.V., Zelenskaya O.Y. 2018. Monitoring of the Tourist-Recreational Activity of Specially Protected Natural Territories as an Effective Indicator of Predicted Development of Tourist Territories. South of Russia: Ecology, Development, 13(4): 119–128. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-4-119-128

*Поступила в редакцию 20.01.2023;
поступила после рецензирования 20.02.2023;
принята к публикации 02.05.2023*

*Received January 20, 2023;
Revised February 20, 2023;
Accepted May 02, 2023*

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 AUTHORS

Сергеева Ирина Вячеславовна, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой ботаники и экологии, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

Irina V. Sergeeva, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Botany and Ecology, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering Named After N.I. Vavilov, Saratov, Russia

Мохонько Юлия Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники и экологии, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

Yuliya M. Mokhonko, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, of the Department of Botany and Ecology, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering Named After N.I. Vavilov, Saratov, Russia

Гусакова Наталия Николаевна, доктор химических наук, профессор кафедры ботаники и экологии, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

Natalia N. Gusakova, Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Botany and Ecology, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering Named After N.I. Vavilov, Saratov, Russia



Андриянова Юлия Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники и экологии, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

Yuliya M. Andriyanova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Botany and Ecology, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering Named After N.I. Vavilov, Saratov, Russia



УДК 711.585
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-252-267

Ретроспектива создания и анализ использования некоторых памятников архитектуры города Белгорода

¹Губарева М.М., ²Даниленко Е.П.

¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

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

E-mail: Mary.Sun.Gubareva@gmail.com, danilenko_ep@mail.ru

Аннотация. Памятники архитектуры – это культурное достояние любого города и страны в целом. Они являются важной составляющей визуального восприятия населённого пункта и культурного развития населения. Особенности архитектуры каждой эпохи, мемориалы, образцы достижений науки и техники необходимо сохранять для потомков, благодаря чему у горожан и туристов будет формироваться представление об истории и культуре города, о его выдающихся уроженцах и жителях, оставивших след в истории. В Российской Федерации культурные исторические объекты, официально признанные таковыми, охраняются государством и органами местного самоуправления, что не всегда гарантирует им защиту от разрушения либо сноса. Авторами статьи проведено исследование исторических аспектов создания и использования трёх памятников архитектуры города Белгорода. Проанализировано современное техническое состояние выбранных для исследования объектов, даны предложения о возможности их дальнейшего использования в культурной и общественной жизни города.

Ключевые слова: памятники архитектуры, исторические объекты, культурное достояние, градостроительный анализ застройки, хозяйственное использование исторических зданий

Для цитирования: Губарева М.М., Даниленко Е.П. 2023. Ретроспектива создания и анализ использования некоторых памятников архитектуры города Белгорода. Региональные геосистемы, 47(2): 252–267. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-252-267

Retrospective of the Creation and Analysis of the Use of Some Architectural Monuments of the City of Belgorod

¹Maria M. Gubareva, ²Elena P. Danilenko

¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
46 Kostukova St., Belgorod 308012, Russia

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

E-mail: Mary.Sun.Gubareva@gmail.com, danilenko_ep@mail.ru

Abstract. Architectural monuments are the cultural heritage of any city and country as a whole. They are an important component of the visual perception of the settlement and the cultural development of the population. Features of the architecture of each era, memorials, samples of the achievements of science and technology must be preserved for the memory of descendants, thanks to them, the population, tourists and the younger generation form an idea of the history and culture of the city, outstanding personalities who previously lived on the territory of the settlement and left their mark on history cities and Russia as a whole. In the Russian Federation, cultural historical sites officially recognized as such are protected by the state and local authorities, which does not always guarantee their protection from destruction or demolition. The

authors of the article conducted a study of the historical aspects of the creation and use of three architectural monuments of the city of Belgorod. The current technical condition of the objects selected for research is analyzed, proposals are made on the possibility of further use of these objects in the cultural and social life of the city.

Keywords: architectural monuments, historical objects, cultural heritage, urban planning analysis of development, economic use of historical buildings

For citation: Gubareva M.M., Danilenko E.P. 2023. Retrospective of the Creation and Analysis of the Use of Some Architectural Monuments of the City of Belgorod. Regional geosystems, 47(2): 252–267 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-252-267

Введение

В Российской Федерации 2022 год был объявлен Годом культурного наследия народов России. В связи с этим всё более актуальными становятся мероприятия по сохранению и восстановлению объектов культурного наследия (ОКН). Согласно действующему законодательству, работы на ОКН подразделяются на: ремонт в целях поддержания в эксплуатационном состоянии, реставрацию, приспособление, воссоздание, противоаварийные работы и консервацию [Гарькин и др., 2022].

Сохранение истории является основой для формирования будущего. Со временем изменяются как города, так и отдельные здания в них. Необходимость определения правильного подхода при восстановлении объекта архитектурного наследия заключается в первую очередь в его сохранении, а также в повышении значимости здания [Кузнецова и др., 2018; Лептюхова, Гордиенко, 2022]. Памятники архитектуры России составляют неотъемлемую часть мирового культурного наследия. Во многих городах нашей страны есть свои особенности градостроительного использования как территорий, так и зданий или иных строений. Это связано с различными факторами, которые были характерны для каждого исторического периода.

Всероссийское общество охраны памятников истории и культуры выделяет следующие основные угрозы для памятников архитектуры:

1. Активное коммерческое строительство. Разрушение исторической среды происходит, прежде всего, с целью получения новых строительных площадок в престижных центрах городов.

2. Замена исторических комплексов на копии из современных строительных материалов, что приводит к массовому сокращению числа подлинных памятников истории и культуры.

3. Отсутствие научного и профессионального подхода к реставрации. Это приводит к подмене ремонтно-реставрационных работ работами по коренной реконструкции объектов культурного наследия, в том числе, связанной со строительством мансард, перепланировкой, возведением новых этажей и пристроек. При этом игнорируются требования сохранения окружающей среды объектов наследия, нарушается режим застройки на территории памятника и в зонах охраны.

4. Рост продаж земель в охранных зонах музеев-заповедников [Всероссийское общество..., 2023].

В последнее время в научном сообществе всё чаще рассматриваются вопросы сохранности и проведения реконструкции старинных зданий и сооружений, представляющих собой исторический и культурный интерес и являющихся объектами архитектурного наследия. Только за последние три года вопросы и проблемы сохранения архитектурно-градостроительного наследия и интеграции объектов культурного наследия в городскую среду



широко освещались в работах Костюшина М.В., Сушкова А.Р., Никитиной Е.М., Субботина О.С., Кузнецовой Н.В., Жмыровой Т.В., Монастырева П.В., Михайловой Т.В., Савельевой Н.В., Лептюховой О.Ю., Гордиенко Н.А., Гарькина И.Н., Сабитова Л.С., Гайдука А.Р., Чиркиной М.А. и многих других. Как отмечает Ковальчук К.С., правильный подход к восстановлению архитектурного наследия необходим не только для сохранения, но и для повышения значимости здания для любого человека. Сохранение истории является основой для формирования будущего [Ковальчук, 2021; Савельева, 2022].

Как указывают в своих научных исследованиях исторических зданий Михайлова Т.В. и Паршин Д.С. [2018], существующие положения в документах об охране объектов культурного наследия, изложенные в федеральном законе от 25.06.2002 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации», не всегда способны защитить исторические памятники от застройки и ликвидации. Возрастает актуальность не только сохранения и восстановления исторически значимых зданий и памятников архитектуры, но и недопущения утраты городом своего уникального архитектурного облика. Практически все объекты, которые представляют историческую и архитектурную ценность, находятся на балансе городов и регионов. В свою очередь, выделения бюджетных средств для сохранения таких объектов недостаточно, что приводит к постепенному обветшанию и разрушению. Российские исследователи в градостроительной отрасли отмечают, что зачастую при проведении исследований по сохранности памятников исторического, культурного и архитектурного наследия выявляются следующие основные проблемы реконструкции городских территорий с исторической застройкой [Субботин, 2017]:

- уязвимость документов об охране объектов культурного наследия;
- нехватка бюджетных средств на содержание объектов культурного наследия;
- несоответствие архитектурного облика возводимых зданий и сооружений проекту утверждённой документации;
- отсутствие стилевой и композиционной целостности городских территорий;
- отсутствие градостроительных документов, направленных на создание единой архитектурно-художественной композиции улиц, кварталов и районов города.

В условиях отсутствия целевого финансирования на реконструкцию и капитальный ремонт исторических зданий в России всё большее число исторических зданий сносятся, на их месте возводятся новые объекты. Среди объективных причин такой ситуации Бальзанникова Е.М. [2014] отмечает недостаточное выделение средств на сохранение памятников архитектуры, переход на рыночную экономику, экономические кризисы.

Многие исследователи (архитекторы, градостроители, социологи, культурологи) подчёркивали, что большое количество исторических зданий, особенно в малых городах, подвержены разрушению, хотя являются важными историческими памятниками архитектуры и культуры. Фактически в настоящий момент они не находятся под охраной муниципалитетов и государства и могут быть безвозвратно утрачены.

Зачастую здания, являющиеся памятниками архитектуры, сносят из-за большого физического износа и сложностей восстановления и перепрофилирования.

Цель данной статьи – на примере выбранных для исследования трёх существующих памятников архитектуры города Белгорода рассмотреть вопросы целесообразности сноса и возможности реконструкции и восстановления этих зданий для последующей эксплуатации в различных общественно-культурных целях. Авторы статьи полагают, что задача городских властей состоит в том, чтобы при развитии территории населённого пункта наряду со строительством новых зданий сохранить ценные в архитектурном и историческом аспекте здания для будущих поколений.

Объекты и методы исследования

В настоящее время на территории города Белгорода сохранилось 4 усадьбы, признанных памятниками архитектуры. Все они, согласно сведениям Единого государственного реестра объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации, находятся в неудовлетворительном состоянии [Единый государственный реестр..., 2023]. В качестве объекта исследования нами выбрано главное здание бывшей усадьбы графини А.В. Ластовской.

Жилых зданий постройки XIX века на территории Белгорода, которые признаны памятниками архитектуры местного значения, сохранилось 18. Нами для анализа выбраны два из них: Дом Шашурина, Жилой дом купца Мачурина. Эти здания являются типичными для городской жилой купеческой застройки XIX века.

Анализ сопровождался натурными, визуальными, историко-архивными и библиографическими исследованиями. Проведён комплексный анализ трёх старинных зданий Белгорода, включающий историю возведения, особенности эксплуатации в разные временные периоды, обследовано современное техническое состояние конструктивных элементов постройки в целом. По результатам исследований были выявлены и описаны архитектурные особенности зданий, их архитектурно-пространственный облик, уточнены датировки строительства изучаемых объектов, определены степень исторической подлинности и общее историко-архитектурное состояние. Приведены примеры и возможные варианты использования обследованных зданий в современных условиях.

Результаты и их обсуждение

Усадьба графини А.В. Ластовской.

Первым объектом исследования является здание бывшей усадьбы графини А.В. Ластовской, которое находится по адресу: г. Белгород, улица Везельская, 144. Оно признано объектом культурного наследия и включено в Единый государственный реестр объектов культурного наследия Российской Федерации (далее – ЕГРОКН) (рис. 1) [Единый государственный реестр..., 2023].

Введите номер памятника: <input type="text" value="311610474540005"/> <input type="button" value="Искать"/>	
Усадьба графини А.В. Ластовской	
Фотография	
Регион расположения объекта	Белгородская область
Адрес	Белгородская область, г. Белгород, ул. Везельская, 144
Номер в реестре	311610474540005
Учётный номер	31-86323
ИД в наборе открытых данных	226679
Категория охраны	Регионального значения
Вид объекта	Памятник
Тип объекта	Памятник градостроительства и архитектуры
Дата создания	первая половина XIX века
Документы о постановке на охрану	Решение малого Совета Белгородского областного Совета народных депутатов "Об утверждении дополнительного списка охраняемых памятников истории и культуры" № 135 от 28.11.1992
<small>Информация из Единого государственного реестра объектов культурного наследия, получена при помощи API открытых данных Минкультуры РФ Поддержка интерфейса: проект Культурное наследие России в Викигиде</small>	

Рис. 1. Карточка объекта культурного наследия [Единый государственный реестр..., 2023]

Fig. 1. Cultural heritage card [Unified State Register..., 2023]

На момент постройки обследованное здание было частью усадьбы, расположенной за пределами Белгорода. На сегодняшний день это единственная из сохранившихся построек усадьбы.

Усадьба графини Ластовской считается одним из самых загадочных дореволюционных зданий Белгорода. Прежде всего это связано с тем, что ни один письменный исторический источник доподлинно не сообщает о том, кем были собственники усадьбы – графы Ластовские, и когда она была построена. Общеизвестно, что исследуемое жилое здание было построено до 1917 года. Несмотря на то, что точное время постройки не установлено, ряд конструктивных и архитектурных признаков позволяет предположить, что жилой дом, известный как «Усадьба графини Ластовской», возведён в первой половине XIX века. Конструктивные решения, принятые при строительстве здания, являются характерными для предполагаемого периода строительства.

За истёкший исторический период границы Белгорода значительно расширились, и городская застройка поглотила прежние пригороды. Усадьба графини Ластовской теперь располагается в одной из жилых зон города, которая активно застраивается и многоэтажными многоквартирными, и индивидуальными жилыми домами, также сохраняется частная усадебная застройка.

После национализации частного имущества после революции 1917 года в здании некоторое время располагалась народная библиотека. Хранящиеся в архивах города фотографии немецких солдат позволяют нам увидеть здание усадьбы графини Ластовской в период Великой Отечественной войны. Согласно историческим источникам, во время оккупации Белгорода фашистскими захватчиками здесь находилась временная база солдат Вермахта, которые не только проживали в комнатах, но и использовали здание как склад продовольствия.

В послевоенные годы здесь расположился Белгородский детский дом, впоследствии, спустя более трёх десятилетий, на прилегающей к бывшей усадьбе территории был организован конный клуб, а в постройке разместился его административный корпус.

К середине 1990-х годов здание усадьбы графини Ластовской по результатам технического обследования было признано аварийным, около 30 лет его эксплуатация запрещена. В настоящее время этот памятник градостроительства и архитектуры пустует. На представленных ниже рисунках показано современное состояние здания (рис. 2).



Рис. 2. Современное состояние здания «Усадьба графини А.В. Ластовской»:

а) западное крыло, б) главный вход, в) восточное крыло

Fig. 2. The current state of the building "Manor of Countess Lastovskaya":

a) west wing, б) main entrance, в) east wing

На фотографии (рис. 3) внутренней части здания усадьбы хорошо виден сохранившийся интерьер. С целью определения возможности дальнейшей эксплуатации нами проведено обследование фактического технического состояния здания.



Рис. 3. Часть интерьера здания усадьбы графини Ластовской (современное состояние)
Fig. 3. Part of the interior of the building of the estate of Countess Lastovskaya (current state)

Как показало обследование, первый этаж выполнен из кирпича, уложенного толщиной $2\frac{1}{2}$ кирпича, который не отличается для наружных и внутренних стен. Стены фактически являются продолжением кирпичных ленточных фундаментов, глубина заложения которых по всему периметру здания не превышает 500 мм. Цокольная часть наружных стен конструктивно не выделена. Стены второго этажа деревянные, внутренние стены оштукатурены по дранке, наружные стены облицованы кирпичом. Перекрытие первого этажа и чердачное перекрытие – деревянные по деревянным балкам. Внутренняя лестница выполнена из дерева с кованым металлическим ограждением. Крыша чердачная, вальмовая с деревянной стропильной системой. Кровля выполнена из волнистых асбестоцементных листов, что указывает на проведённый капитальный ремонт кровли в советский период эксплуатации здания. Асбестоцементные листы уложены по дощатой обрешётке с прозорами. Под частью здания имеется погреб с кирпичными стенами и кирпичными сводчатыми перекрытиями.

Со стороны главного фасада здания выполнена одноэтажная пристройка для главного входа. Ранее существовала ещё одна одноэтажная пристройка, возведённая позже основного здания. Возможно, пристройка использовалась как топочная, до настоящего времени была разобрана. Схематический план первого этажа здания усадьбы графини А.В. Ластовской представлен на рис. 4.

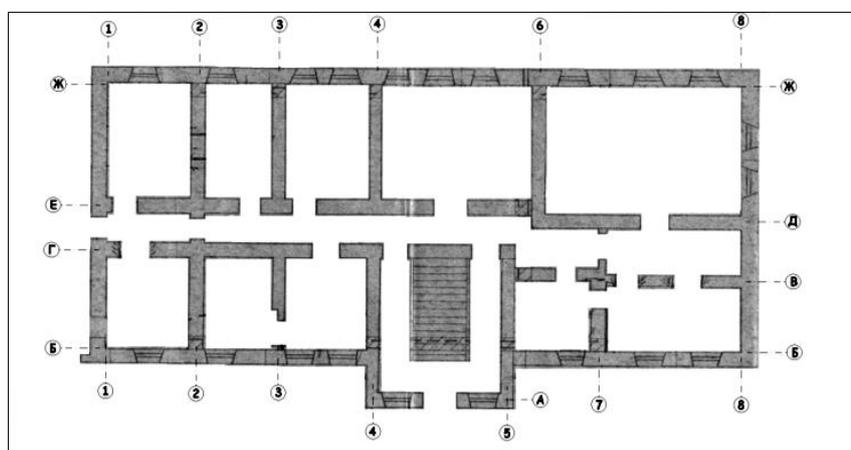


Рис. 4. Схематический план первого этажа
Fig. 4. Schematic plan of the first floor



По результатам проведённых обследований технического состояния конструктивных элементов здания, согласно СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений», его общее техническое состояние является недопустимым. Недопустимое состояние – это категория технического состояния строительных конструкций или здания и сооружения в целом, характеризующаяся снижением несущей способности и эксплуатационных характеристик, при котором существует опасность для пребывания людей и сохранности оборудования [СП 13-102-2003]. Необходимо проведение страховочных мероприятий и усиление конструкций всего здания. Все несущие и ограждающие конструкции обследованного здания имеют значительный физический износ. Износ достиг критического значения, несущая способность некоторых конструкций необратимо утрачена.

Для решения вопроса о целесообразности проведения капитального ремонта либо реконструкции здания с целью его дальнейшего хозяйственного использования, необходимо исходить из соображений его исторической или культурной ценности. Поскольку объект «Усадьба графини А.В. Ластовской» представляет собой культурную и историческую ценность и является объектом культурного наследия регионального значения (памятником градостроительства и архитектуры), его необходимо сохранить для будущих поколений [Деева, Коробейник, 2015]. Историческая ценность обследованного здания состоит в том, что это фактически часть дворянской усадьбы, которых на территории города Белгорода практически не осталось. Поэтому обследованное здание, по нашему мнению, должно быть сохранено. Здание «Усадьба графини А.В. Ластовской» может быть реконструировано и введено в эксплуатацию в общественно-культурных целях. Поскольку здание находится на территории конно-спортивной школы, полагаем, что в нём можно разместить конно-спортивный музей, в котором могли бы быть расположены: зал конно-спортивных наград, комната ожидания для родителей и т. п. [Даниленко, Деева, 2015; Даниленко, Щербакова, 2016; Долгих, Затолокина, 2018; Губарева, Даниленко, 2020].

Дом Шашурина.

В исторической части Белгорода расположено здание, которое носит название «Дом жилой (Дом Шашурина)». Оно является памятником культурного наследия и внесено в государственный реестр. Градостроительная ценность Дома Шашурина заключается в формировании архитектурного ансамбля основной городской улицы, на которой сохранились здания городской застройки XIX века. Метрики Покровской церкви города Белгорода содержат упоминания о мещанине Шашурине Павле Никифоровиче, который и являлся владельцем здания. О самом доме в архивах сохранилась достаточно скудная информация.

«Образец белгородского усадебного дома, построенного с использованием классических приёмов» – так описывается дом мещанина П.Н. Шашурина в документах, хранящихся в архивах города. Точная дата постройки этого двухэтажного здания не известна, но предположительно оно было построено в конце XIX века. Фактически Дом Шашурина представляет собой сохранившуюся часть городской усадьбы. Здание подлежит охране в соответствии с Федеральными законами: от 25.06.2002 № 73-ФЗ [Об объектах культурного ..., 2002], от 17.11.1995 № 169-ФЗ [Об архитектурной деятельности ..., 1995].

Историческая дата постройки здания «Дом Шашурина» определена по анализу сохранившихся документов. В соответствии с церковными записями 1888 года, семья мещанина П.Н. Шашурина в конце XIX века не проживала в Белгороде [Гарькин и др., 2022], что позволяет предполагать, что здание было построено позже 1888 года. Территориально Дом Шашурина размещался на пересечении Сергиевской и Введенской улиц (современные Преображенская улица и улица князя Трубецкого). Здание было выстроено по красной линии застройки согласно Плану Курского Наместничества городу Белгороду, разработанному в

1768 году архитектором А.В. Квасовым. Следует отметить, что такая планировочная структура центральной части города с прилегающими слободами соблюдалась до начала XX века (рис. 5). В наши дни современное расположение центральных улиц Белгорода также соответствует этому плану.

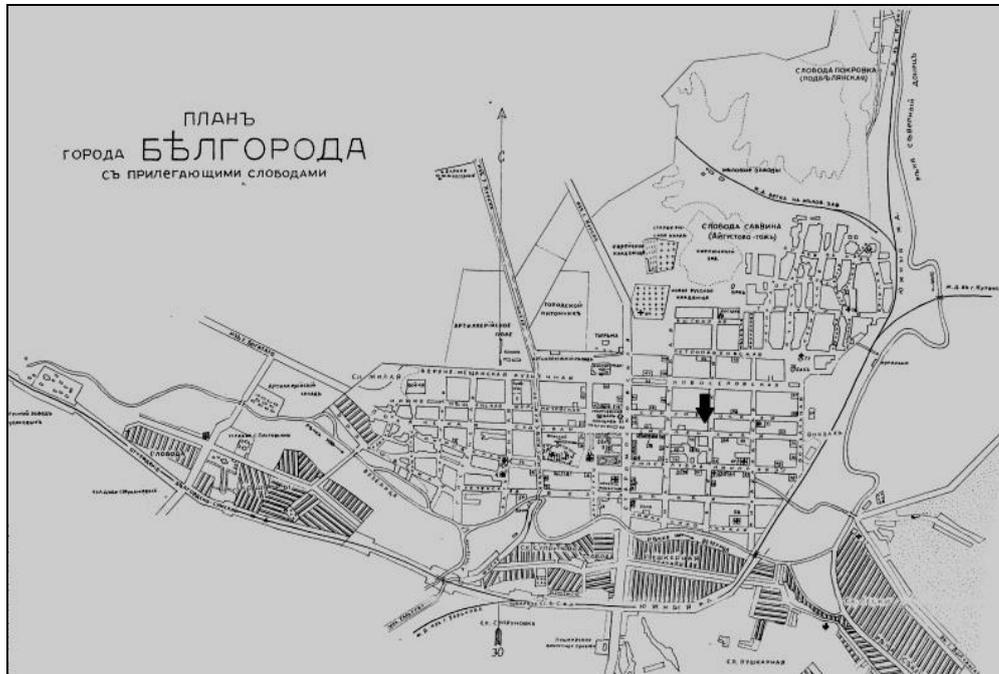


Рис. 5. План Белгорода 1911 года. На пересечении улиц Сергиевской и Введенской (нынешних Преображенской и кн. Трубецкого) чёрной стрелкой показано расположение здания «Дом Шашурина»

Fig. 5. Plan of Belgorod 1911. At the intersection of Sergievskaya and Vvedenskaya streets (current Preobrazhenskaya and Prince Trubetskoj), the black arrow shows the location of the building "Shashurin's House"

В начале XX века здание «Дом Шашурина» использовалось как муниципальное коммунальное жилье. Его расположение на городской панораме в довоенные годы и вид здания в годы оккупации Белгорода немецко-фашистскими захватчиками показаны на рис. 6 и 7.



Рис. 6. Аэрофотоснимок центральной части г. Белгорода (до 1941 года).

Дом Шашурина на улице кн. Трубецкого

Fig. 6. Aerial photograph of the central part of Belgorod (before 1941).
"House of Shashurin" on the street kn. Trubetskoj



Рис. 7. Дом Шашурина на немецком фото времен оккупации (зима 1942 года). Снимок сделан с чётной стороны улицы Князя Трубецкого, в настоящее время на месте, откуда был сделан снимок, находится многоэтажный жилой дом № 52

Fig. 7. "Shashurin's House" in a German photo from the time of the occupation (winter 1942). The picture was taken from the even side of Knyaz Trubetskoy Street, at the present time, at the place where the picture was taken, there is a multi-storey residential building № 52

На рис. 7 с южной стороны здания видна дощатая пристройка – вход в помещения второго этажа. Пристройка была выполнена при разделении дома на отдельные квартиры.

В послереволюционный период здание, первоначально квадратное в плане, перестраивалось. К нему были добавлены пристройки и тамбуры для входа в квартиры первого и второго этажей, с годами были утрачены деревянные ставни первого этажа, на окнах второго этажа сняты деревянные наличники, на южном фасаде на первом и втором этажах кирпичом заложено по одному окну. Произведённые перестройки сделали здание ассиметричным, перестроены все интерьеры, внутренний и наружный декор не сохранился.

Памятником истории и культуры регионального значения здание «Дом Шашурина» было признано в 1992 году, на нём появилась табличка «Жилой дом XIX века». В 2008 году оно было признано аварийным и выведено из муниципального жилищного фонда. Долгие годы городские власти его не эксплуатировали и не ремонтировали.

Капитальный ремонт памятника архитектуры «Дом Шашурина» начался осенью 2018 года. В ходе ремонтно-восстановительных работ здание приведено в пригодное для дальнейшей эксплуатации техническое состояние. При реставрации фасада в целом сохранён архитектурный облик типичного жилого дома городской усадьбы XIX века. Историческое здание «Дом Шашурина» вновь вовлечено в жизнедеятельность города Белгорода. В нём разместились социальные и коммерческие организации (рис. 8).

При соблюдении требований законодательства РФ об охране памятников истории и культуры и должного контроля со стороны местной администрации и общественности за его правильной эксплуатацией здание «Дом Шашурина», памятник истории и архитектуры XIX века, будет радовать и горожан, и будущее поколение жителей города.



Рис. 8. Памятник архитектуры «Дом Шашурина» (г. Белгород, улица Князя Трубецкого, 41), 2022 г.
а) Общий вид здания. б) Вход в Страховую акционерную компанию «Энергогарант»,
расположенную на первом и втором этажах. в) Вход в кафе «Мечтатели»,
расположенное в пристройке на первом этаже. г) Въезд во двор здания

Fig.8. Monument of architecture "Shashurin's House" (Belgorod, Knyaz Trubetskoy street, 41), 2022
a) General view of the building. b) Entrance to the Energogorant Insurance Joint Stock Company
located on the first and second floors. c) Entrance to the cafe "Dreamers", located in the annex
on the ground floor. d) entrance to the courtyard of the building

Жилой дом Мачурина.

Третий обследованный нами объект – памятник культуры регионального значения, известный белгородцам как Жилой дом Мачурина. Архивные документы содержат много сведений о купцах Мачуриных (до середины XIX века фамилия писалась – Мачулины) которые были известны не только в Белгородском уезде, но и во всей Курской губернии. Ими были построены многие здания города, в том числе белгородский мыловаренный завод, завод восковых свечей, каменные и деревянные торговые здания на Базарной площади города. Крупные меценаты и благотворители, купцы Мачурины выделяли немалые средства на развитие Белгорода, на строительство и ремонт храмов, дорог, освещение центральных улиц, починку мостов через Северский Донец и Везёлку, прокладку деревянных переходов через железную дорогу.

Жилой дом, ныне известный как Жилой дом Мачурина по улице Преображенская, 57, был построен в конце XIX века (рис. 9).



Рис. 9. Учётная карточка жилого дома купца Мачурина
Fig. 9. Registration card of the residential house of the merchant Machurin

Здание «Жилой дом Мачурина» признано объектом культурного наследия (памятник архитектуры и градостроительства регионального значения), но не всё здание в целом, а лишь некоторые его конструктивные элементы. Согласно сведениям из Единого государственного реестра объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации, предметом охраны Жилого дома Мачурина является: объёмно-пространственная и объёмно-планировочная композиция «Г»-образного в плане здания, габариты и конфигурация крыши, количество, расположение и форма оконных и дверных проёмов [Единый государственный реестр..., 2023].

На рис. 10 показана часть цокольного этажа, входящего в предмет охраны.



Рис. 10. Часть цокольного этажа здания «Жилой дом Мачурина»
Fig. 10. Part of the basement floor of the building "Machurin Residential House"

В 2011 году бывший собственник здания «Жилой дом Мачурина» планировал построить на его месте центральный офис в несколько этажей из стекла и бетона, но по ряду причин работы были приостановлены, и здание несколько лет стояло открытым [Бел-Пресса, 2023]. Фрагмент утверждённого городскими властями проекта реконструкции памятника архитектуры «Жилой дом Мачурина» представлен на рис. 11.



Рис. 11. Утверждённый в 2012 году проект реконструкции памятника архитектуры «Жилой дом Мачурина»
Fig. 11. Approved in 2012, the project for the reconstruction of the architectural monument "Machurin Residential House"

Проектом реконструкции здания 2012 года не сохранены культурно-значимые архитектурные элементы памятника архитектуры.

Региональное управление государственной охраны объектов культурного наследия пыталось добиться того, чтобы собственник здания выполнил капитальный ремонт конструкций. Собственник здания успел реализовать снятие крыши здания, вследствие чего снег, дождь и талые воды попали внутрь важных конструкций здания (рис. 12).



Рис. 12. Общий вид Жилого дома Мачурина по состоянию на 2022 год
Fig. 12. General view of the Machurin Residential Building as of 2022

Строительная экспертиза признала здание аварийным, и региональный департамент строительства, транспорта и ЖКХ рекомендовал здание «Жилой дом Мачурина» демонтировать. Однако, по словам членов экспертной комиссии, здание «Жилой дом Мачурина» в градостроительном отношении является уникальным, потому что оно держит угол двух улиц и сохраняет ту камерность застройки, которая существовала в XIX веке. Позже городскими властями было принято решение сохранить фасады здания, однако проблема сохранности фасадов заключается в том, что стены у здания полые, а внутри них находится сгнивший деревянный брус. Стены могут не выдержать строительных работ [Белгородские известия, 2023; БелПресса, 2023].

В 2021 году здание «Жилой дом Мачурина» было продано. Новый собственник переработал проектную документацию. Она была согласована, прошла историко-культурную экспертизу, также получено разрешение на проведение работ. По информации нового владельца здания, оно будет восстановлено в полном объеме со всеми декоративными элементами, которые вошли в предмет охраны. При этом конструкция стен выше цокольного этажа будет меняться, поскольку в предмет охраны не входит [БелПресса, 2023]. Однако до настоящего времени здание «Жилой дом Мачурина» по-прежнему находится в аварийном состоянии, строительные работы не начаты, и реконструкция здания не проводится. У данного объекта культурного наследия нежелательно выделять какую-либо одну часть здания в качестве отдельного «предмета охраны». Это может привести к тому, что архитектурная и историческая ценности нарушатся или вовсе утратятся [Михайлова, Паршин, 2018].



Согласно ст. 14 Федерального закона Российской Федерации № 131-ФЗ от 06.10.2003 г. [Об общих принципах..., 2003] (в ред. федерального закона от 06.02.2023 г. № 12-ФЗ), к вопросам местного значения городского поселения, среди прочих, относится сохранение, использование и популяризация объектов культурного наследия (памятников истории и культуры), находящихся в собственности поселения, охрана объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) местного (муниципального) значения, расположенных на территории поселения. Однако для исполнения требований названного федерального закона в бюджете муниципального образования должны быть предусмотрены целевые финансовые средства. Проведённый анализ муниципального бюджета городского поселения «Город Белгород» и муниципальных целевых программ не выявил запланированных мероприятий и расходов бюджетных средств на сохранение объектов культурного наследия «Усадьба графини А.В. Ластовской», «Дом Шашурина» и «Жилой дом Мачурина», которые мы исследовали.

Заключение

Увеличение численности городского населения и формирование в городе культурных объектов стимулирует органы местного самоуправления к освобождению территорий города от неиспользуемых зданий старой постройки, к расширению границ города, к застройке свободных городских территорий жилыми и общественными зданиями. Зачастую под снос попадают и здания, представляющие культурную и историческую ценность, в том числе и памятники архитектуры. Пытаясь сохранить здания, являющиеся объектами культурного наследия, муниципальные власти отдают их в аренду и эксплуатацию различным хозяйствующим субъектам без требований проведения капитального ремонта либо реконструкции. В результате исторические здания всё больше приходят в состояние, при котором дальнейшая их эксплуатация становится невозможной. По мнению авторов настоящей статьи, к ситуации, когда исторические здания не используются, не сохраняются, не реконструируются, могут приводить не только экономические проблемы органов местного самоуправления и собственников, арендаторов зданий, но и субъективные причины, в том числе недостаточное внимание, уделяемое вопросу сохранения исторических и культурных объектов. Важно начать работу по реставрации или консервации данных объектов, необходимо обеспечить должный государственный контроль и придать правовую защищенность.

В настоящее время г. Белгород интенсивно развивается путём строительства новых современных зданий на месте ветхих и морально устаревших. При этом актуальной остаётся проблема сохранения памятников архитектуры Белгорода и передача культурного наследия будущим поколениям. В ходе активной урбанизации важно сохранять здания, являющиеся памятниками архитектуры, пусть они и не представляют собой «шедевры архитектуры». Большое количество исторических объектов сегодня заброшены на ранних этапах реконструкции как из-за отсутствия у собственников необходимых финансовых средств, так и по причине проблематичности определить возможности их дальнейшего использования. Как показало наше исследование, судьба трёх выбранных объектов – памятников архитектуры – различается. Связано это не только с их предыдущим использованием и местоположением на территории города, но и с тем, кто является собственником на данный момент. Полагаем, что необходимо создать более жёсткий механизм контроля за реставрацией памятников истории и архитектуры, которые выкуплены у государства в частную собственность, чтобы судьбу зданий «Усадьба графини А.В. Ластовской» и «Жилой дом Мачурина» не повторили исторические здания и объекты культурного наследия как города Белгорода, так и других городов России.

Список источников

- Белгородские известия. Электронный ресурс. URL: <https://www.belwesti.ru> (дата обращения 12.04.2023).
- БелПресса. Электронный ресурс. URL: <https://www.belpressa.ru/society/drugoe/41740.html> (дата обращения 12.04.2023).
- Всероссийское общество охраны памятников истории и культуры. Электронный ресурс. URL: <http://voopik.ru/our-heritage/status-cultural-heritage> (дата обращения 08.01.2023).
- Государственный архив Белгородской области. Фонд коллекция микроформ документов 17-18 в.в. по истории Белгородского края. Книга переписная дворян и их детей Белгородского уезда. 1748, 5 с.
- Даниленко Е.П., Деева А.К. 2015. Мониторинг объектов культурного наследия Белгородской области. VII Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум 2015». М., РАЕ. Электронный ресурс. URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015010916> (дата обращения 12.04.2023).
- Единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации. Электронный ресурс. URL: http://nasledie-archive.ru/regs/reg_31_9.html (дата обращения 12.04.2023).
- Об архитектурной деятельности в Российской Федерации: Федеральный закон от 17.11.1995 № 169-ФЗ (ред. от 29.12.2022). Электронный ресурс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8344. (дата обращения 08.01.2023).
- Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: Федеральный закон от 06.10.2003 г. № 131-ФЗ (ред. от 06.02.2023). Электронный ресурс. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=439194&dst=100001#mXWYCbTBbDO0SEiD> (дата обращения 12.04.2023).
- Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации: Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ (ред. от 29.12.2022). [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901820936> (дата обращения 08.01.2023).
- СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. 2004. М., Госстрой России, 26 с.

Список литературы

- Бальзанникова Е.М. 2014. Сохранение городских объектов историко-культурного наследия. Вестник МГСУ, 1: 15–24.
- Гарькин И.Н., Сабитов Л.С., Гайдук А.Р., Чиркина М.А. 2022. Сохранение архитектурных концепций малых населённых пунктов: консервация объектов культурного наследия. Инженерный вестник Дона, 11(95): 655–665.
- Губарева М.М., Даниленко Е.П. 2020. Усадьба графини Ластовской – прошлое, настоящее, будущее. Вектор ГеоНаук, 3(3): 68–74. DOI: 10.24411/2619-0761-2020-10033
- Даниленко Е.П., Щербакова М.И. 2016. «Вторая жизнь» муниципальных объектов недвижимости. Вестник Белгородского Государственного Технологического Университета им. В.Г. Шухова, 7: 216–221.
- Деева А.К., Коробейник В.А. 2015. Актуальные вопросы сохранения памятников истории и культуры Белгородской области. В кн.: Образование, Наука, Производство. VII Международный молодёжный форум «Образование, наука, производство», Белгород, 20–22 октября 2015. Белгород, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова: 1978–1983.
- Долгих А.С., Затолокина Н.М. 2018. Анализ использования объектов культурного наследия в структуре туристического землепользования. Вектор Геонаук, 1(1): 43–50.
- Ковальчук К.С. 2021. Проблема сохранения, реставрации и реконструкции объектов всемирного архитектурного наследия. Инновации. Наука. Образование, 47: 2941–2947.
- Кузнецова Н.В., Жмырова Т.В., Монастырев П.В. 2018. Интеграция объектов культурного наследия в городскую среду исторического центра города. Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского, 4(70): 162–174. DOI: 10.17277/voprosy.2018.04.pp.162-174



- Лептюхова О.Ю., Гордиенко Н.А. 2022. Использование объектов культурного наследия в качестве социальных объектов в условиях реновации. Известия высших учебных заведений. Строительство, 5 (761): 116–126. DOI: 10.32683/0536-1052-2022-761-5-116-126
- Михайлова Т.В., Паршин Д.С. 2018. Архитектурно-градостроительные проблемы реконструкции исторически сложившейся застройки на примере городского округа город Воронеж. Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура, 1(4): 62–71.
- Савельева Н.В. 2022. Историко-архитектурный анализ выявленного объекта культурного наследия «Дом Шуберта» в г. Ковров Владимирской области. Научно-исследовательские публикации, 5: 5–13.
- Субботин О.С. 2017. Проблемы сохранения архитектурно-градостроительного наследия в условиях современного города (на примере Краснодара). Жилищное строительство, 7: 35–40.

References

- Bal'zannikova E.M. 2014. Preserving Urban Objects of Historical and Architectural Heritage. Vestnik MGSU, 1: 15–24 (in Russian)
- Garkin I.N., Sabitov L.S., Gaiduk A.R., Chirkina M.A. 2022. Sokhraneniye arkhitekturnykh kontseptsiy malykh naseleennykh punktov: konservatsiya obyektov kulturnogo naslediya [Preservation of Architectural Concepts of Small Settlements: Conservation of Cultural Heritage Sites] Inzhenernyy vestnik Dona, 11(95): 655–665.
- Gubareva M.M., Danilenko E.P. 2020. Estate of Grafiny Lastovskaya – Past, Present, Future. GeoScience Vector, 3 (3): 68–74 (in Russian). DOI: 10.24411/2619-0761-2020-10033
- Danilenko E.P., Shcherbakova M.I. 2016. «Vtoraya zhizn» munitsipalnykh obyektov nedvizhimosti ["Second life" of municipal real estate objects]. Vestnik Belgorodskogo Gosudarstvennogo Tekhnologicheskogo Universiteta im. V.G. Shukhova, 7: 216–221.
- Deeva A.K., Korobeinik V.A. 2015. Aktualnyye voprosy sokhraneniya pamyatnikov istorii i kultury Belgorodskoy oblasti [Actual Issues of Preservation of Historical and Cultural Monuments of the Belgorod Region]. In: Obrazovaniye. Nauka. Proizvodstvo [Education, science, production]. VII International Youth Forum "Education, Science, Production", Belgorod, 20–22 October 2015. Belgorod, Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet im. V.G. Shukhova: 1978–1983.
- Dolgikh A.S., Zatulokina N.M. 2018. The Analysis of Use of Objects of Cultural Heritage in the Structure of Tourist Land. Vector of Geosciences, 1(1): 43–50 (in Russian).
- Kovalchuk K.S. 2021. The Problem of Preservation, Restoration and Reconstruction of Objects of the World Architectural Heritage. Innovations. Science. Education, 47: 2941–2947 (in Russian).
- Kuznetsova N.V., Zhmyrova T.V., Monastirev P.V. 2018. Integration of Cultural Heritage Objects with the Urban Environment of the Historic City Center. Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University, 4(70): 162–174 (in Russian). DOI: 10.17277/voprosy.2018.04.pp.162-174
- Leptyukhova O.Yu., Gordienko N.A. 2022. The Use of Cultural Heritage Objects as Social Objects in the Conditions Of Renovation. News of Higher Educational Institutions. Construction, 5(761): 116–126 (in Russian). DOI: 10.32683/0536-1052-2022-761-5-116-126
- Mikhailova T.V., Parshin D.S. 2018. Architectural and Town-Planning Reconstruction Problems of the Historical Center of Voronezh. Housing and utilities infrastructure, 1(4): 62–71 (in Russian).
- Saveleva N.V. 2022. Historical and Architectural Analysis of the Object of Cultural Heritage “Shubert’s Mansion” in Kovrov City of Vladimir Region. Nauchno-issledovatel'skiye publikatsii, 5: 5–13 (in Russian).
- Subbotin O.S. 2017. Problems of Preservation of Architectural and Urban Planning Heritage in a Modern City (on the Example of Krasnodar). Housing Construction, 7: 35–40 (in Russian).

*Поступила в редакцию 09.02.2023;
поступила после рецензирования 22.05.2023;
принята к публикации 05.06.2023*

*Received 02 February, 2023;
Revised 22 May, 2023;
Accepted 05 June, 2023*

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

Губарева Мария Михайловна, студент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, Россия

Даниленко Елена Петровна, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Maria M. Gubareva, Student of the Department of Urban Cadastre and Engineering Surveys, Belgorod State Technological University by V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

Elena P. Danilenko, Associate Professor, Department of Environmental Management and Land Cadastre of the Institute of Earth Sciences, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia



УДК 631.6
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-268-281

Природоподобие агролесомелиоративных систем

Воскобойникова И.В., Ивонин В.М.

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова –
филиал Донского государственного аграрного университета,
Россия, 346428, г. Новочеркасск, Пушкинская, 111,
E-mail: nochka67@inbox.ru, Ivoninforest@yandex.ru,

Аннотация. Из всех типов мелиорации агролесоводство наиболее близко к природе. Однако отсутствие чётких принципов природоподобия агролесомелиоративной системы (АЛМС) затрудняет поддержание в ней естественных процессов, способствующих оказанию соответствующих экосистемных услуг и получению социально-экономических выгод. Поэтому, целью исследований стало обоснование принципов природоподобия АЛМС и составление соответствующей визуальной модели. Методология исследования основана на анализе визуальных моделей, представляющих собой метафоры природного сходства агролесоводства. В результате были уточнены биотические, биокосные и другие решения, определены три основных принципа создания природоподобных агролесомелиоративных систем и представлена визуальная модель природоподобия АЛМС. Принцип копирования природных процессов включает: соблюдение экологических принципов, присущих природным системам, обеспечение необходимой саморегуляции АЛМС, регионального биоразнообразия, интенсивности материальных и энергетических проявлений мелиоративных лесных насаждений, их адаптация к факторам внешней среды и агроценозам, поддержание биологических циклов с воспроизводством природных ресурсов. Принцип оказания экосистемных услуг, получения экономических и социальных выгод проявляется через регулирование эрозионно-аккумулятивных процессов, смягчение нежелательных явлений, стратегии «зелёного» земледелия, решение экономических и социальных проблем. Принцип хозяйственного стимулирования природных процессов обусловлен лесохозяйственными уходами, минимальными нарушениями почв и согласованностью культуртехнических решений с требованиями охраны природы. Результаты исследования дают иллюстративную модель природоподобия АЛМС, которая определяется действиями (решениями), скопированными с природы или стимулирующими процессы, приближенные к природе, которые наносят меньший ущерб биосфере, оказывают экосистемные услуги и приносят пользу.

Ключевые слова: агролесомелиорация, природоподобие, система, теоретическая концепция, экосистемные услуги, экономические и социальные выгоды

Для цитирования: Воскобойникова И.В., Ивонин В.М. 2023. Природоподобие агролесомелиоративных систем. Региональные геосистемы, 47(2): 268–281. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-268-281

Nature-Likeness of Agroforestry Reclamation Systems

Inna V. Voskoboynikova, Vladimir M. Ivonin

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute –
branch of the Don State Agrarian University,
111 Pushkinskaya St, Novocherkassk 346428, Russia
E-mail: Ivoninforest@yandex.ru

Abstract. Of all types of land reclamation, agroforestry is the closest to nature. However, the lack of clear principles of nature-likeness of the agroforestry system (ALMS) makes it difficult to maintain natural processes in it that contribute to the provision of appropriate ecosystem services and the receipt of socio-

economic benefits. Therefore, the purpose of the research was to substantiate the principles of the nature-likeness of ALMS and to draw up an appropriate visual model. The research methodology is based on the analysis of visual models that represent metaphors for the natural similarity of agroforestry. As a result, biotic, bioinertic, and other solutions were refined, three basic principles for creating nature-like agroforestry systems were identified, and a visual model of the theoretical concept of such nature-likeness was presented. The principle of copying natural processes includes: observing the ecological principles inherent in natural systems, ensuring the necessary self-regulation of ALMS, regional biodiversity, the intensity of material and energy manifestations of reclamation forest plantations; their adaptation to environmental factors and agrocenoses; maintenance of biological cycles with the reproduction of natural resources. The principle of providing ecosystem services, obtaining economic and social benefits is manifested through the regulation of erosion-accumulation processes; mitigation of adverse events; green farming strategies; solution of economic and social problems. The principle of economic stimulation of natural processes is due to forest management, minimal disturbance of the soil and the consistency of cultural and technical solutions with the requirements of nature protection. The results of the study provide an illustrative model of the nature-likeness of ALMS, which is determined by actions (decisions) copied from nature or stimulating processes close to nature, which cause less damage to the biosphere, provide ecosystem services and bring benefits.

Keywords: agroforestry, nature-likeness, system, theoretical concept, ecosystem services, economic and social benefits

For citation: Voskoboynikova I.V., Ivonin V.M. 2023. Nature-Likeness of Agroforestry Reclamation Systems. *Regional Geosystems*, 47(2): 268–281. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-268-281

Введение

По Федеральному закону¹, мелиоративные защитные лесные насаждения (естественного происхождения или искусственно созданные) на землях сельскохозяйственного назначения или на землях, предназначенных для производства сельскохозяйственной продукции, используются для предотвращения деградации пастбищ, эрозии почв и защиты от воздействия неблагоприятных явлений природного, антропогенного и техногенного происхождения посредством использования климаторегулирующих, почвозащитных, противоэрозионных, водорегулирующих и иных полезных функций лесных насаждений.

Учебник «Лесомелиорация ландшафтов»² уточняет, что основу агролесомелиоративной системы (полезащитной, пастбищезащитной, противоэрозионной и др.) составляют мелиоративные защитные лесные насаждения и бобово-злаковые травосмеси. К таким биотическим элементам дополнительно привносят биокосные решения (простейшие гидротехнические сооружения и др.) и технологии «зелёного» земледелия. Такое направление развития сельскохозяйственных технологий приводит к минимальному негативному воздействию на окружающую среду.

Использование природоподобных технологий предполагает тесную взаимосвязь между природными и технологическими процессами в системе эколого-экономических взаимодействий в рамках сельскохозяйственного производства при формировании и реализации комплекса агролесомелиоративных мероприятий [Поляков, 2021]. Всё это способствует балансу между биосферой и агросферой в соответствии с ноосферной концепцией В.И. Вернадского [2004], которая предполагает встроенность технологических процессов в биосферные циклы естественного оборота вещества.

¹ О мелиорации земель: Федеральный закон № 4-ФЗ от 10.01.1996 (с изм. от 08.12.2020 № 429-ФЗ). Электронный ресурс. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9015302> (дата обращения: 01.03.2023).

² Ивонин В.М. 2018. Лесомелиорация ландшафтов. Лесные насаждения для улучшения функционирования, сохранения и рекультивации природно-антропогенных ландшафтов. Новочеркасск, Лик, 206 с.



Отмечен принцип ресурсного преобразования степного агроландшафта в природоподобный лесогидромелиорированный агроландшафт лесостепного типа с высокой степенью биологизации и использования дополнительных водных ресурсов [Панов, 2018]. Это соответствует комплексным мелиорациям агроландшафтов, включённым в экологические каркасы [Кирейчева, 2011].

Экологический каркас территории составляет совокупность экосистем с индивидуальным режимом природопользования на каждом конкретном участке для поддержания экологической стабильности, предотвращения потери биоразнообразия и деградации ландшафта. Этот каркас включает следующие типы элементов: природные территории (степи, леса, луга и др.); реставрационный фонд – антропогенные территории (обычно пашня); мелиоративные (созданные человеком) элементы, необходимые для поддержания экологического равновесия (например, мелиоративные лесные насаждения) [Елизаров, 1998], а также территории с восстановленной природной средой после проведения рекультивации или реставрации [Новиков, Исаев, 2012].

Для агролесомелиоративных систем экологические каркасы образуют мелиоративные лесные насаждения при подборе соответствующих пород, их схем смешения и размещения. Это формирует устойчивые насаждения, которые обладают повышенными мелиоративными свойствами [Михин, Михина, 2014]. Такие насаждения способны создавать основу природоподобия. В эту основу вкладывают другие компоненты, образуя отношения вложенности (свойство вложенности младшего уровня подсистем в старший уровень).

Например, в систему мелиоративных лесных полос (определённой ширины и других характеристик структуры) вкладывают подсистемы простейших ГТС (с элементами распылителей стока, валов, валов-каналов, террас и др.), субподсистемы биотических технологий повышения плодородия почв (возделывание бобово-злаковых травосмесей, сидерация и др.) и почвозащитные технологии возделывания сельскохозяйственных культур (бесплужная обработка, полосовое рыхление, точное земледелие и др.) [Ивонин, 2022].

Всё это определяет структуру агролесомелиоративной системы, которая (наряду с решением социально-экономических проблем) снижает остроту технологических конфликтов в землепользовании, усиливает фрагментацию окружающей среды, уменьшает степень оторванности агроландшафтов от природы [Кундиус, 2010].

За рубежом подобный подход определяется как «Nature-based solutions – NBS» – антропогенные вмешательства, вдохновлённые и движимые природой, решающие социальные проблемы, предоставляющие многочисленные услуги/выгоды, включая увеличение биоразнообразия, обладающие высокой экономичностью [Sowińska-Świerkosz, García, 2022].

В сельскохозяйственном секторе подход NBS основан на использовании природных процессов или элементов для улучшения естественных (природных) явлений в агроландшафтах, увеличения средств к существованию фермеров и активизации других социально-культурных функций во времени и пространстве. Этот подход включает зелёную инфраструктуру (полосы многолетних трав, живые изгороди, террасы с использованием природных материалов) и мелиорацию с полезной биохимической, биологической или микробиологической функциями и выгодой от сохранения видов и связывания углерода [Simelton et al., 2021].

Следовательно, при NBS подходе в сельских условиях признаётся допустимость инженерно-технических (или «серых») вмешательств (дамбы, каналы, коллекторы, трубопроводы, насосные станции, водозаборы, другие мелиоративные сооружения) при преимуществе «зелёных» решений [Seddon et al., 2020], в частности – агролесоводства (агролесомелиорации).

Поэтому, целью подготовки статьи является: определение основных принципов создания природоподобных агролесомелиоративных систем с разработкой визуальной модели, представляющей действия (решения) скопированные с природы или стимулирующие близкие к природе процессы для оказания экосистемных услуг, получения экономических и социальных выгод.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований явились агролесомелиоративные системы, повышающие возможности сельскохозяйственных технологий адаптироваться к изменению климата и обеспечивать многочисленные экологические, социальные и экономические преимущества благодаря их схожести с естественными экосистемами.

Научно-методические возможности исследования таких систем ограничены в регионах, подверженных засухе (например, на юге Индии) [Telwala, 2022].

Методы наших исследований основаны на обзоре и анализе литературных источников с системным анализом проблемы природоподобия агролесомелиорации (агролесоводства), при концептуальном подходе автора работы, основанном на выборе биотических и биокосных и других «зелёных» составляющих элементов агролесомелиоративных систем с определением принципов природоподобия и построением визуальной модели.

При этом, использовали наш опыт анализа визуальных моделей, представляющих метафоры определённых идей агролесомелиорации земель [Ивонин, 2020].

Результаты и их обсуждение

Из всех типов мелиорации (гидромелиорация, агролесомелиорация, культуртехническая и химическая мелиорации) агролесомелиорация или агролесоводство наиболее близко к природе. Относительно устойчивые неравновесные агролесомелиоративные системы обычно формируются набором биотических, биокосных и простейших гидротехнических элементов. Уточняя этот набор, дополнительно включаем в него элементы биоремедиации и культуртехнической подготовки земель, технологий «зелёного» земледелия, включая элементы сложных ГТС – сопрягающие сооружения, дамбы, каналы и др. (рис. 1).



Рис. 1. Элементы, участвующие в формировании природоподобия агролесомелиоративных систем
Fig. 1. Elements involved in the formation of the nature similarity of agroforestry systems

Природные биотические элементы агролесомелиоративных систем включают региональные лесные массивы, начиная от водораздельных и водоохранных лесов, и заканчивая группами древесной растительности и естественными травянистыми сообществами. Они организуют ландшафтное пространство в виде агролесомелиоративного каркаса региона, где сосредоточено уникальное биоразнообразие, хранится генофонд биоты, находятся основные пути расселения биоты, формируются дивергентные потоки энергии, вещества и информации.



Лесные насаждения этого каркаса способны к самоорганизации (рост, развитие, самоподдержание и самоуправление), когда они уплотняются или изреживаются, снижаются или повышаются годовые приросты по высоте и диаметру, формируется лесная подстилка и живой напочвенный покров, воспроизводится древесина, плоды, ягоды, грибы и лекарственное сырьё, заселяются инвазивные или/и отпадают определённые аборигенные виды и др.

Созданные человеком биотические элементы включают: полезащитные, стокорегулирующие, прибалочные, приовражные, пастбищезащитные, садозащитные и государственные защитные лесные полосы; прифермские и мелиоративно-кормовые насаждения, древесные зонты, затишки и оазисные насаждения; технологии «зелёного» земледелия; череполосное (кулисное) облесение и травосеяние, в т. ч. – полосное размещение трав, посева сидератов, галофитов и др.

Стратегия «зелёного» земледелия и травосеяние повышают чувствительность агролесомелиоративных систем даже к незначительным изменениям окружающей среды. Это способствует получению дополнительной продукции растениеводства, садоводства и животноводства при мелиорации компонентов аграрной среды.

Созданные человеком биотические элементы, как правило, управляются извне (подбор породного состава лесных насаждений, регуляция их фитонасыщенности, дополнение лесных культур, лесоводственные уходы, санитарные, восстановительные и другие рубки, состав травосмесей и пр.) для соответствия подвижных характеристик (параметров) полей мелиоративного воздействия лесохозяйственных урочищ (приземная температура и относительная влажность воздуха, режим водного и минерального питания почв и др.) приспособительным возможностям культивируемых растений и выпасаемых животных.

Такие возможности усиливаются при селекционном отборе видов культурных растений с учётом амплитуды параметров полей воздействия лесохозяйственных урочищ и адаптации растениеводческих технологий к ландшафтной сфере.

Биокосные решения объединяют грунтово-хворостяные, фашинные или габионные донные запруды, другие сооружения из природного камня, ветвей и почвогрунта, а также – склоновые решётки из дерева (заполненные почвогрунтом) или из стеблей кукурузы. В эту группу включены также простейшие земляные сооружения (распылители стока, валы, валы-канавы, террасы и др.), мероприятия биоремедиации (ризофилтрация, фитоаккумуляция и фиторемедиация) – очистка (восстановление) почв и вод с помощью живых организмов, для этого используются биоплато, биопруды, гидрботанические площадки в балках и др. Сюда же относят культуртехнические работы по подготовке земель к хозяйственному использованию (выполаживание оврагов с последующей фитомелиорацией подготовленной площади, внесение в почву зелёного удобрения, компостов, соломы, местных органических удобрений, гипсование и др.).

Анализ объединения биотических (природных и антропогенных), биокосных, биоремедиационных и культуртехнических решений позволяет определить три основных принципа природоподобия систем агролесомелиорации (рис. 2): копирование природных процессов, оказание экосистемных услуг, получение экономических и социальных выгод, хозяйственное стимулирование природных процессов.

Принцип копирования природных процессов характеризуется следующими признаками: соблюдение экологических принципов естественных экосистем, адаптация лесных насаждений к факторам среды и одновременное адаптирование этих факторов, биологические круговороты с воспроизводством природных ресурсов.

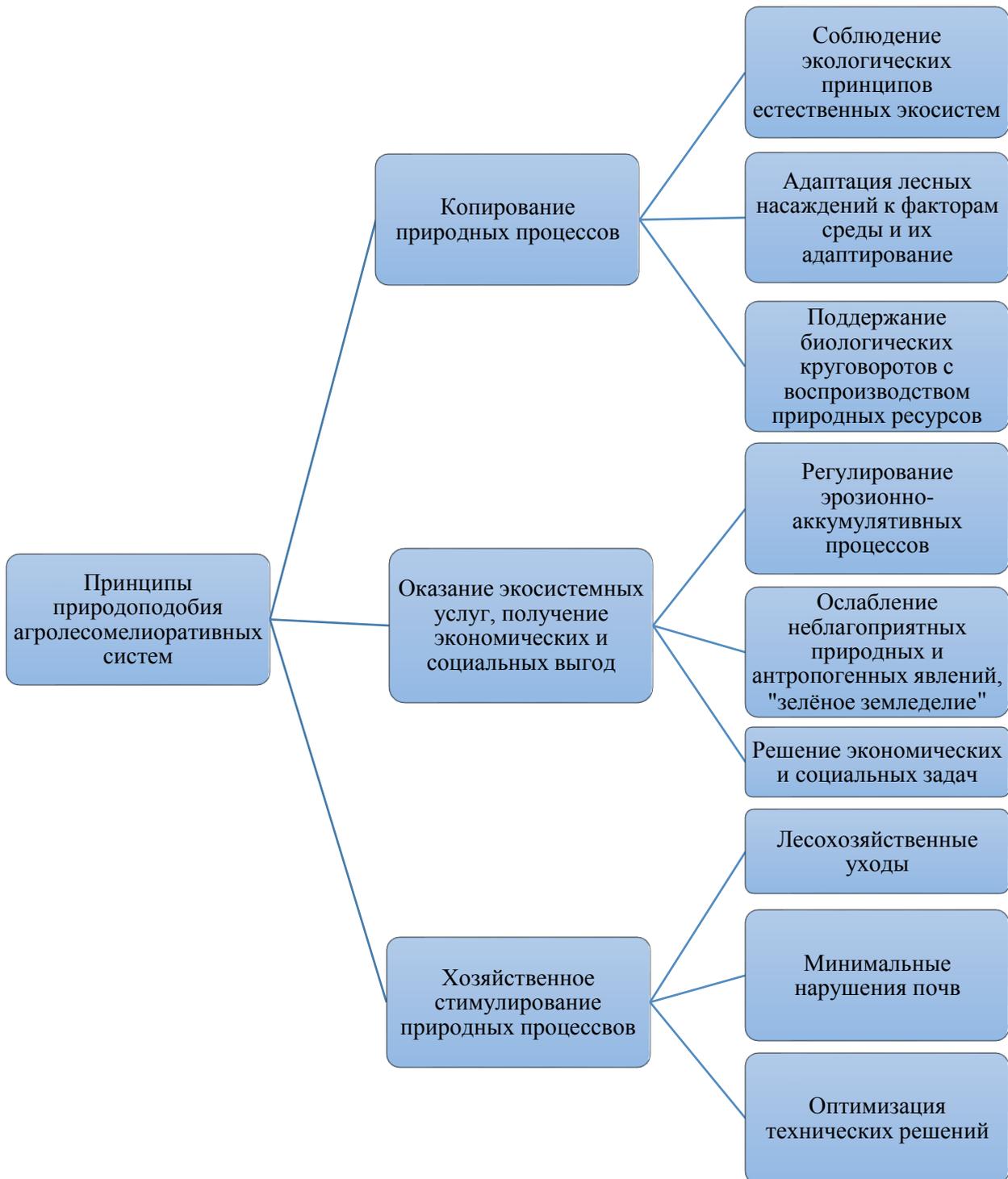


Рис. 2. Принципы природоподобия агролесомелиоративных систем
Fig. 2. Principles of nature similarity of agroforestry systems

Соблюдение экологических принципов, которые наблюдаются в естественных экосистемах, обеспечивает саморегуляцию агролесомелиоративных систем, региональное биоразнообразие, напряжённость (интенсивность) вещественно-энергетических проявлений лесных насаждений, способствующих их мелиоративному воздействию, которое может быть реализовано (частично или полностью) лесоаграрным ландшафтом или остаться невостребованным [Ивонин, 2019].



Адаптация лесных насаждений к факторам среды – это непрерывный процесс, в ходе которого одни древесные виды интенсивно наращивают стволую биомассу, другие – рано суховершинят и вегетативно разрастаются, третьи – выпадают из состава насаждений. Это связано с несоответствием факторов среды устойчивости определённых древесных видов.

Практикуют подбор видов, обладающих эволюционной памятью, связанной с параметрами природной среды биогеографического региона. Это приводит в действие гомеостатические механизмы лесного сообщества при возмущениях среды (морозы, засухи и суховеи, пыльные бури). Древесные виды с высоким потенциалом адаптации приспособляются к возмущениям среды и изменяют их в пределах своего воздействия.

К изменённым параметрам среды в ответственных фазах вегетации адаптируются виды, гибриды и сорта агроценозов, стремящиеся перейти в состояние, когда вред от возмущений среды сводится к минимуму.

Биологический круговорот в экосистеме – это поступление химических элементов из компонентов среды (почвы, воды, атмосферный воздух) в живые организмы, образование в них новых сложных соединений и возвращение исходных элементов обратно в компоненты среды. Под воздействием фотосинтеза образуется органическое вещество и выделяется свободный кислород. Циклы биологического круговорота в агролесосистемах не завершены.

Незавершённость биологического круговорота лесного типа определяется тем, что древесина в насаждениях изымается из годового цикла, являясь основным хранилищем углерода. Кроме этого, трансформация, минерализация и гумификация лесной подстилки (с помощью беспозвоночных животных и микроорганизмов) способствует незамкнутости цикла углерода в лесных почвах и его консервации в форме гумуса.

Лесные ресурсы, получаемые при лесном типе круговорота, кроме древесины, включают: древесные соки (получаемые при подсочке берёзы), дикорастущие плоды, орехи, ягоды и грибы, лекарственное и техническое сырьё, корма для скота, мхи (вспомогательный строительный материал), промысловые объекты животного мира и продукты их жизнедеятельности.

В агроценозах незавершённость циклов круговорота определяется тем, что отчуждается с урожаем часть химических элементов, а также – происходят их потери с местным стоком и эрозией почв.

Так как интенсивность биологического круговорота определяется приростом фитомассы агроценоза на единице площади за единицу времени, то повышенную интенсивность представляют те части агроценозов, которые размещены в пределах полей мелиоративного влияния (воздействия) лесохозяйственных урочищ. Здесь формируются максимальные урожаи и коэффициенты гумификации (процентное содержание углерода органических остатков при их полном разложении, включившегося в гумус почвы).

Незавершённость биологического круговорота на межполосных полях пытаются завершить внесением удобрений, сохранением растительных (пожнивных) и корневых остатков, компенсацией минерализованного гумуса в почве, проведением противоэрозионных мероприятий и др.

Принцип оказания экосистемных услуг, получения экономических и социальных выгод основывается на: регулировании эрозионно-аккумулятивных процессов, ослаблении неблагоприятных природных, антропогенных, техногенных явлений, технологиях «зелёного земледелия», решениях экономических и социальных задач.

Эрозионно-аккумулятивные процессы регулирует противоэрозионная агролесомелиорация – создание стокорегулирующих (в необходимых случаях в сочетании с простейшими земляными сооружениями) и прибалочных (приовражных) лесных полос на склонах для регулирования поверхностного стока, предупреждения эрозии и активизации аккумуляции взвешенных и влекомых почвенных частиц, повышения эффективного использова-

ния ресурсов естественного увлажнения, а также мелиоративных защитных лесных насаждений в гидрографической сети (при необходимости в сочетании с донными запрудами и другими сооружениями) и насаждений по берегам водных объектов или на песках.

Неблагоприятные природные (пыльные бури, засухи, суховеи, метели и др.), антропогенные (заболачивание и/или засоление земель, бесконтрольное использование природных ресурсов и сбросы бытовых отходов, уничтожение птиц и животных и др.) и техногенные (загрязнения почв и водных объектов радиоактивными и промышленными отходами, транспортными выбросами) явления на сельскохозяйственных землях ослабляют полезащитная (создание полезащитных лесных полос по границам земель сельскохозяйственного назначения и полевых участков, предназначенных для производства сельскохозяйственной продукции) и пастбищезащитная (создание мелиоративных защитных лесных насаждений на пастбищах) агролесомелиорации, а также мероприятия биоремедиации и культуртехнической подготовки земель.

Кроме этого, полезащитная агролесомелиорация благоприятствует стратегии «зелёного земледелия».

Эта стратегия осуществляется через переход от традиционных «серых» технологий земледелия, ориентированных на максимальное использование природных ресурсов, на природоподобные или «зелёные» технологии, которые являются долгосрочным видом ресурсосбережения [Гусев, 2020].

Решение экономических задач обеспечивает многофункциональность агролесомелиоративных систем (АЛМС), способствуя: повышению качества урожая и производительности сельскохозяйственных культур, получению дополнительного дохода от лесных ресурсов (удовлетворение потребностей фермерских хозяйств в низкотоварной древесине, кормах для скота, технологической щепе, продуктах пчеловодства и др., а для местного населения – в дикорастущих грибах, плодах, ягодах и дичи), предотвращению ущерба от эрозии и загрязнения почв и вод, высокой отдаче затрат на создание мелиоративных лесных насаждений. Подобную точку зрения на экономику агролесомелиорации разделяют и другие исследователи [Щербакова и др., 2008].

Социальные задачи агролесомелиорации решаются при удовлетворении рекреационного спроса, потребностей общества в качественных продуктах потребления, общем повышении уровня жизни населения.

Существует мнение, что системы агролесомелиорации – это универсальные средства оптимизации агроландшафтов, позволяющие превратить их в устойчивые многофункциональные социоприродо-хозяйственные системы особого типа с мощной энергией воздействия на среду [Кузьмина, 2004].

Принцип хозяйственного стимулирования природных процессов определяют: лесохозяйственные уходы за насаждениями, минимальные нарушения почв, оптимизация культуртехнических решений (их согласованность с требованиями охраны природы).

Лесохозяйственные уходы проводят для:

- улучшения возрастной структуры, породного состава, повышения качества и устойчивости насаждений;
- сохранения и усиления защитных, водоохраных, санитарно-гигиенических свойств насаждений;
- поддержания и восстановления биологического разнообразия;
- повышения продуктивности насаждений;
- сокращения сроков выращивания спелой древесины;
- рационального использования ресурсов древесины.



При этом, в агролесомелиоративных насаждениях проводят следующие виды ухода (Приказ Минприроды РФ № 534)¹:

- рубки осветления (улучшение породного и качественного состава молодняков и условий роста деревьев);
- рубки прочистки (регулирование густоты насаждений и улучшение условий роста деревьев, а также для продолжения формирования породного и качественного состава молодняков);
- рубки прореживания (создание в насаждениях благоприятных условий для формирования стволов и крон деревьев главной породы);
- рубки сохранения насаждений (сохранение, поддержание спелых и перестойных насаждений в состоянии эффективного выполнения своих функций, накопления качественной древесины, увеличения плодоношения);
- рубки обновления перестойных, спелых и в утрачивающих целевые функции приспевающих древостоев (для создания благоприятных условий роста молодых перспективных деревьев, имеющих в насаждении);
- рубки переформирования средневозрастных и более старшего возраста древостоев (для коренного изменения их состава, структуры, строения путём регулирования соотношения составляющих насаждение элементов леса и создания благоприятных условий роста деревьев главных пород, поколений, ярусов);
- рубки реконструкции, проводимые в целях удаления малоценных лесных насаждений или их частей для подготовки условий для проведения посадки, посева ценных лесообразующих пород, мер содействия естественному возобновлению насаждений;
- ландшафтные рубки, направленные на формирование, сохранение, обновление, реконструкцию лесных рекреационных ландшафтов и повышение их эстетической, оздоровительной ценности и устойчивости.

Минимальные нарушения почв на полях среди мелиоративных лесных насаждений обеспечивает стратегия «зелёного» земледелия: переход к мульчирующим системам обработок, при которых биологически активный слой пашни поддерживают пожнивные остатки основных культур севооборота и биологическая масса промежуточных культур, технологии No-till, исключая механические обработки почвы и предлагающие гербицидно-кулисные пары, создание мульчи из растительных остатков, уборку колосовых культур на высоком срезе стерни, прямой посев анкерными (долотообразными) сошниками, точные технологии обработок, которые разделяют каждое межполосное поле на единицы управления для формирования индивидуального агролесомелиоративного режима. Это сохраняет исходные физические свойства (порозность и водопроницаемость, водный и воздушный режимы) и агробиологическое состояние почвы (бездефицитный баланс гумуса, микробиологическая активность).

Согласованность решений с требованиями охраны природы необходима при осуществлении культуртехнических работ: выравнивание поверхности (например, выполаживание оврагов и формирование на образованных склонах, под фитомелиоративным влиянием, эмбриональных и слаборазвитых почв); раскорчёвка пней, ликвидация кочек и уборка камней (до глубины 0,4 м); известкование, фосфоритование, гипсование и др. Следует исключать из планов проведения культуртехнических работ участки с охраняемой фауной и флорой. На объектах, где обитают промысловые птицы и звери, необходимо согласовывать культуртехнические работы с органами охраны природы и охотхозяйствами с учётом биологических циклов видов животных, обитающих на мелиорируемых землях.

¹ Об утверждении правил ухода за лесами: Приказ Минприроды РФ от 30.07.2020 № 534. Электронный ресурс. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=381167> (дата обращения: 20.01.2023).

Принципы природоподобия легли в основу построения визуальной модели природоподобия агролесомелиоративной системы (рис. 3).

Согласно данным рис. 3, природоподобие АЛМС определяют действия (решения) скопированные с природы или стимулирующие близкие к природе процессы, обеспечивающие меньшее производство энтропии, оказывающие экосистемные услуги и приводящие к экономическим и социальным выгодам.

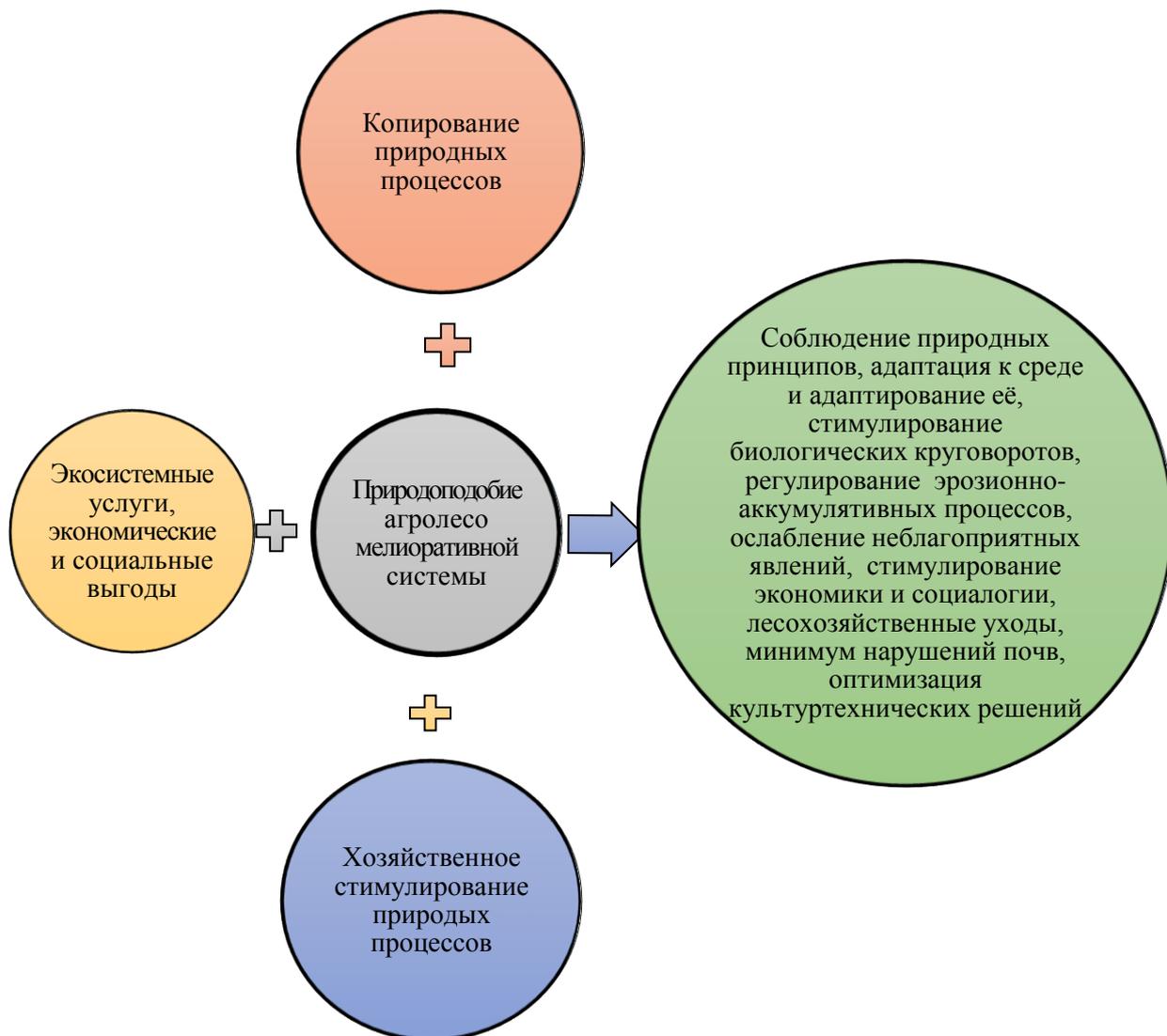


Рис. 3. Визуальная модель природоподобия агролесомелиоративной системы
Fig. 3. Visual model of the nature similarity of the agroforestry system

Эти действия обеспечивают: возможности саморегуляции лесоаграрных систем, их адаптации к окружающей среде биогеографического региона и адаптирование компонентов этой среды для возделываемых культур, регулирование циклов биологических круговоротов и эрозионно-аккумулятивных процессов, ослабление неблагоприятных природных, ан-



тропогенных и техногенных явлений, решение экономических и социальных задач, проведение лесохозяйственных уходов, минимум нарушений почв, оптимизацию культуртехнических решений (согласованность с требованиями охраны природы).

Заключение

Природоподобие агролесомелиоративной системы (АЛМС) поддерживают: биотические (природные и созданные человеком) и биокосные (созданные человеком из натуральных компонентов – камней, грунта, ветвей и др.) решения, а также – технологии «зелёного» земледелия. В состав таких систем могут входить элементы культуртехнической подготовки земель и биоремедиации.

Определены основные принципы создания природоподобных агролесомелиоративных систем: копирование природных процессов, оказание экосистемных услуг, получение экономических и социальных выгод, хозяйственное стимулирование природных процессов.

Принцип копирования природных процессов включает: соблюдение экологических принципов, которые присущи естественным экосистемам, обеспечение саморегуляции агролесомелиоративных систем, региональное биоразнообразие, напряжённость (интенсивность) вещественно-энергетических проявлений лесных урочищ; адаптацию лесных насаждений к факторам среды и одновременное адаптирование этих факторов для агроценозов, поддержание биологических круговоротов с воспроизводством природных ресурсов. Соблюдение экологических принципов естественных экосистем в основном обеспечивается: ранжированием агролесомелиоративных систем, породным составом насаждений, соответствующим условиям среды; схемами смешения и размещения древесных пород, глубиной проникновения и шириной охвата корневыми системами почвенного профиля, массой опада и другими процессами формирования лесной подстилки и аккумуляции биогенных элементов, биоразнообразием – видовым и экосистемным, особенностями технологий «зелёного» земледелия.

Адаптация лесных насаждений связана с ростом и развитием древесных видов в соответствии с факторами среды биогеографического региона. Одновременно происходит (с помощью гомеостатических механизмов лесных сообществ) биотическое регулирование среды для агроценозов (в ответственных фазах вегетации видов, гибридов и сортов), когда они приспособляются к возмущениям среды в пределах мелиоративного воздействия лесных насаждений.

Поддержание биологических круговоротов АЛМС осуществляют проведением хозяйственных мероприятий, способствующих оптимизации их циклов: в лесных насаждениях накоплением качественной древесины (хранилище углерода) и увеличением плодородия древесных видов, на межполосных полях – внесением минеральных удобрений, сохранением растительных (пожнивных) и корневых остатков, компенсацией минерализованного гумуса в почве, проведением противоэрозионных мероприятий и др.

Принцип оказания экосистемных услуг, получения экономических и социальных выгод осуществляется при регулировании эрозионно-аккумулятивных процессов, ослаблении неблагоприятных природных, антропогенных и техногенных явлений, осуществлении стратегии «зелёного» земледелия, решении экономических и социальных задач.

Экосистемные услуги оказываются при регулировании эрозионно-аккумулятивных процессов (в основном за счёт противоэрозионной агролесомелиорации) и ослаблении неблагоприятных природных, антропогенных и техногенных явлений (за счёт ползащитной и пастбищезащитной агролесомелиорации), а также – технологий «зелёного» земледелия, биоремедиации и культуртехнической подготовки земель.

Экономические задачи решают за счёт многофункциональности агролесомелиоративных систем, которая способствует: повышению урожая сельскохозяйственных культур и качества продукции, дополнительному доходу от лесных ресурсов, предотвращению

ущерба от эрозии и загрязнения почв и вод, высокой отдаче капитальных затрат. Социальные задачи решаются удовлетворением потребностей общества в качественных продуктах потребления, рекреационном спросе и повышении уровня жизни сельского населения.

Принцип хозяйственного стимулирования природных процессов определяется лесохозяйственными уходами, минимальными нарушениями почв, оптимизацией технических решений (их согласованностью с требованиями охраны природы).

Лесохозяйственные уходы проводят с целью: улучшения возрастной структуры, породного состава, повышения качества, устойчивости и продуктивности насаждений, сохранения и усиления их защитных, водоохраных, санитарно-гигиенических функций, поддержания и восстановления биологического разнообразия, рационального использования ресурсов древесины и др.

На полях среди лесных урочищ минимальные нарушения почв обеспечивает стратегия «зелёного» земледелия (переход к мульчирующим системам обработок, технологиям No-till и технологиям точных обработок) и травосеяние.

Культуртехнические решения необходимо оптимизировать (согласовывать с требованиями охраны природы).

Результатом работы стало представление визуальной модели природоподобия АЛМС. Её определяют действия (решения), копирующие природные или стимулирующие близкие к ним процессы, которые несут меньше разрушений в биосферу, оказывают экосистемные услуги, а также экономически и социально выгодны

Список литературы

- Вернадский В.И. 2004. Биосфера и ноосфера. М., Айрис Пресс, 573 с.
- Гусев Е.М. 2020. Эволюция технологий в земледелии: от «серых» до «зеленых». Аридные экосистемы, 26 (1(82)): 3–12.
- Елизаров А.В. 1998. Экологический каркас – стратегия степного природопользования XXI века. Степной бюллетень, 2–4: 23–35.
- Ивонин В.М. 2019. Анализ мелиоративного потенциала лесоаграрного ландшафта. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2(34): 51–67. DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-51-67
- Ивонин В.М. 2020. Визуальная модель системы лесных мелиораций природно-антропогенных ландшафтов. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 3(39): 68–82. DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-68-82
- Ивонин В.М. 2022. Теоретическая концепция совершенствования мелиоративных систем. Региональные геосистемы, 46(3): 322–338. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-322-338
- Кирейчева Л.В. 2011. Подходы к инновационному развитию комплексных мелиораций агроландшафта. В кн.: Инновационные технологии в мелиорации. Костяковские чтения; материалы Международной научно-практической конференции. Москва, 13 апреля 2011. М., Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации: 100–108.
- Кузьмина Т.С. 2004. Агролесомелиорация – стратегия эколого-экономической оптимизации аридных ландшафтов Нижнего Поволжья. Известия Волгоградского государственного педагогического университета, 4(9): 113–119.
- Кундиус В.В. 2010. Роль агролесомелиорации в повышении экологической устойчивости и экономической эффективности агроландшафтов. Природообустройство, 4: 92–95.
- Михин В.И., Михина Е.А. 2014. Агролесомелиорация в условиях адаптивно – ландшафтного земледелия Центрального Черноземья. Современные проблемы науки и образования, 6: 1652.
- Новиков Д.В., Исаев А.С. 2012. Формирование экологического каркаса территории при землеустройстве. Природообустройство, 2: 7–12.
- Панов В.И. 2018. Ландшафтно-географическая методология (географический принцип В.В. Докучаева) ресурсного управления и преобразования степного незащищённого агроландшафта в улучшенный природоподобный противозерозионный агроландшафт лесостепного типа. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 20 (2–3(82)): 511–528.



- Поляков В.В. 2021. Роль природоподобных технологий в обеспечении воспроизводства природно-ресурсного капитала сельскохозяйственной сферы. Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ), 3(75): 49–54.
- Щербакова Л.Б., Корнеева Е.А., Колоссов И.И. 2008. Эффективность капитальных вложений в защитное лесоразведение Нижнего Поволжья. В кн.: Защитное лесоразведение, мелиорация земель и проблемы земледелия в Российской Федерации. Материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 23–26 сентября 2008. Волгоград, ВНИАЛМИ: 55–58.
- Seddon N., Daniels E., Davis R., Chausson A., Harris R., Hou-Jones X., Huq S., Kapos V., Mace G.M., Rizvi A.R., Reid H., Roe D., Turner B., Wicander S. 2020. Global Recognition of the Importance of Nature-Based Solutions to the Impacts of Climate Change. *Global Sustainability*, 3: E15. DOI:10.1017/sus.2020.8
- Simelton E., Carew-Reid J., Coulier M., Damen B., Howell J., Pottinger-Glass Ch., Tran H.V., Van Der Meiren M. 2021. NBS Framework for Agricultural Landscapes. *Frontiers in Environmental Science*, 9: 678367. DOI: 10.3389/fenvs.2021.678367
- Sowińska-Świerkosz B., García J. 2022. What are Nature-Based Solutions (NBS)? Setting Core Ideas for Concept Clarification. *Nature-Based Solutions*, 2: 100009. DOI: 10.1016/j.nbsj.2022.100009
- Telwala Y. 2022. Unlocking the Potential of Agroforestry as a Nature-based Solution for Localizing Sustainable Development Goals: A Case Study from a Drought-Prone Region in Rural India. *Nature-Based Solutions*, 3: 100045. DOI: 10.1016/j.nbsj.2022.100045

References

- Vernadskii V.I. 2004. *Biosfera i noosfera [Biosphere and Noosphere]*. Moscow, Publ. Airis Press, 573 p.
- Gusev E.M. 2020. Evolution of Agricultural Technologies: from “Gray” to “Green”. *Arid Ecosystems*, 10(1): 1–9 (in Russian). DOI: 10.1134/S2079096120010060
- Elizarov A.V. 1998. *Ekologicheskii karkas – strategiya stepnogo prirodopolzovaniya XXI veka [Ecological Framework – the Strategy of Steppe Environmental Management of the XXI Century]*. *Stepnoi byulleten*, 2–4: 23–35.
- Ivonin V.M. 2019. Forest Landscape Reclamation Potential Analysis. *Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*, 2(34): 51–67 (in Russian). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-51-67
- Ivonin V.M. 2020. Visual Model of Forest Reclamation System of Natural Anthropogenic Landscapes. *Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*, 3(39): 68–82 (in Russian). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-68-82
- Ivonin V.M. 2022. Theoretical Concept in Behalf of Improvement Ameliorative Systems. *Regional Geosystems*, 46(3): 322–338 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-322-338
- Kireicheva L.V. 2011. Approaches to the Innovative Development of Complex Land Reclamation Agrolandscape. In: *Innovative technologies in melioration. Kostyakov readings; materials of the International scientific-practical conference. Moscow, April 13, 2011. Moscow, Publ. Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut gidrotekhniki i melioratsii*: 100–108 (in Russian).
- Kuzmina T.S. 2004. *Agrolesomelioraciya – strategiya ekologo-ekonomicheskoi optimizacii aridnih landshaftov Nijnego Povoljya [Agroforestry – a Strategy for Ecological and Economic Optimization of Arid Landscapes in the Lower Volga Region]*. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, 4(9): 113–119.
- Kundius V.V. 2010. The Role of Agricultural Afforestation in Increasing Ecological Stability and Economic Efficiency of Landscapes. *Environmental Engineering*, 4: 92–95 (in Russian).
- Mikhin V.I., Mikhina E.A. 2014. Agroforestry in Condition of Adaptive Landscape System of Agriculture in the Central Black Earth Region. *Modern problems of science and education*, 6: 1652 (in Russian).
- Novikov D.V., Isaev A.S. 2012. Formirovanie ekologicheskogo karkasa territorii pri zemleustroistve [Formation of the Ecological Frame of the Territory During Land Management]. *Prirodoobustroistvo*, 2: 7–12.
- Panov V.I. 2018. The Landscape-Geographical Methodology (Geographica Principle of V.V. Dokuchaev) of Resource Management and Transformation of the Steppeunprotected Agricultural Landscape Into an Improved Nature-Like Anti-Erosion Agricultural Landscape of Forest-Steppe Type. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 20(2–3(82)): 511–528 (in Russian).

- Polyakov V.V. 2021. Role of Nature-Like Technologies in Ensuring the Reproduction of Natural Resource Capital of Agricultural Sector. Vestnik of Rostov State Economic University (RINH), 3(75): 49–54 (in Russian).
- Scherbakova L.B., Korneeva E.A., Kolosov I.I. 2008. Effektivnost kapitalnih vlojenii v zaschitnoe lesorazvedenie Nijnego Povoljya [Efficiency of Capital Investments in Protective Afforestation in the Lower Volga Region]. In: Zashitnoe lesorazvedenie, melioraciya zemel i problemi zemlevedeniya v Rossiiskoi Federacii [Protective Afforestation, Land Reclamation and Problems of Geography in the Russian Federation]. Materials of the International Scientific and Practical Conference, Volgograd, 23–26 September 2008. Volgograd, Publ. VNIALMI: 55–58.
- Seddon N., Daniels E., Davis R., Chausson A., Harris R., Hou-Jones X., Huq S., Kapos V., Mace G.M., Rizvi A.R., Reid H., Roe D., Turner B., Wicander S. 2020. Global Recognition of the Importance of Nature-Based Solutions to the Impacts of Climate Change. Global Sustainability, 3: E15. DOI:10.1017/sus.2020.8
- Simelton E., Carew-Reid J., Coulier M., Damen B., Howell J., Pottinger-Glass Ch., Tran H.V., Van Der Meiren M. 2021. NBS Framework for Agricultural Landscapes. Frontiers in Environmental Science, 9: 678367. DOI: 10.3389/fenvs.2021.678367
- Sowińska-Świerkosz B., García J. 2022. What are Nature-Based Solutions (NBS)? Setting Core Ideas for Concept Clarification. Nature-Based Solutions, 2: 100009. DOI: 10.1016/j.nbsj.2022.100009
- Telwala Y. 2022. Unlocking the Potential of Agroforestry as a Nature-based Solution for Localizing Sustainable Development Goals: A Case Study from a Drought-Prone Region in Rural India. Nature-Based Solutions, 3: 100045. DOI: 10.1016/j.nbsj.2022.100045

*Поступила в редакцию 31.01.2023;
поступила после рецензирования 13.02.2023;
принята к публикации 14.03.2023*

*Received January 31, 2023;
Revised February 13, 2023;
Accepted March 14, 2023*

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

Воскобойникова Инна Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и лесопаркового хозяйства, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск, Россия

Ивонин Владимир Михайлович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства и лесных мелиораций, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск, Россия

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Inna V. Voskoboynikova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forest Plantations and Forest Park Management of the Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russia

Vladimir M. Ivonin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forestry and Forest Melioration of the Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russia



УДК 551.435.1 (571.55)
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-282-295

Морфометрический анализ территории верховья р. Иркут

Безгодова О.В.

Институт Географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
E-mail: ola.bezgodova.23@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрено применение морфометрического анализа для изучения особенностей формирования и развития рельефа верховья р. Иркут, куда входят территории малых речных бассейнов. На основе переработанной и гидрологически корректной цифровой модели рельефа ALOS DSM получены различные морфометрические карты территории. Собраны статистические данные морфометрических и гидрологических показателей, выявлены закономерности их распределения по площади изучаемой территории, что в результате позволило выделить 4 района в пределах верховья р. Иркут и сделать выводы о факторах и закономерностях развития речной сети, определить набор представленных на территории бассейнов малых рек ярусов рельефа и геоморфологических процессов рельефообразования. На изучаемой территории преобладают среднегорный тип рельефа, крутые склоны с северной экспозицией, плоские поверхности (район Нуху-Дабан), высокие показатели индекса топографической влажности и относительного показателя эрозии. Данные факторы являются ключевыми в определении направления и объема поверхностного стока, а также интенсивности экзогенных геоморфологических процессов.

Ключевые слова: геоинформационное картографирование, малые реки, морфометрический анализ, Мунку-Сардык, район Нуху-Дабан, цифровая модель рельефа

Благодарности: Работа выполнена в рамках госзадания № АААА-А21-121012190017-5 «Морфолитогенез Внутренней Азии: теоретические, методические и практические аспекты исследования».

Для цитирования: Безгодова О.В. 2023. Морфометрический анализ территории верховья р. Иркут. Региональные геосистемы, 47(2): 282–295. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-282-295

Morphometric Analysis of the Upper Irkut River Territory

Olga V. Bezgodova

Institute of Geography SB RAS,
Ulan-Batorskaya st., 1, Irkutsk 664033, Russia
E-mail: ola.bezgodova.23@yandex.ru

Abstract. The article considers the use of morphometric analysis to study the features of the relief formation of the upper Irkut river territory, which includes the territories of small river basins. Various morphometric maps of the territory were obtained based on the revised and hydrologically correct digital elevation model ALOS. Statistical data of morphometric and hydrological indicators were collected; patterns of their distribution over the area of the study region were identified. As a result, four districts were noted within the upper Irkut river territory. The author determined a set of relief tiers and geomorphological processes of relief formation, represented in the territory of small river basins. As a result, the most important role in the development of the erosion network and the transfer of matter among morphometric parameters belongs to the absolute height, steepness and exposure of slopes, which create conditions for the distribution of the relative erosion index, topographic wetness index, plan and profile curvature, as well as a set of altitudinal tiers and differentiation of leading relief-forming processes. The higher the steepness of the slopes and the greater the absolute height, the more intense the exogenous geomorphological processes and the higher the

LS-factor. The erosion index reaches a minimum on gentle slopes in the lower relief tiers with the development of cryogenic processes, while the topographic wetness index has maximum values.

Keywords: digital elevation model, geoinformation mapping, morphometric analysis, Munku-Sardyk, Nuhu-Daban region, small rivers

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the state order № AAAA-A21-121012190017-5 “Morpholithogenesis of Inner Asia: theoretical, methodological and practical aspects of the study”.

For citation: Bezgodova O.V. 2023. Morphometric Analysis of the Upper Irkut River Territory. Regional Geosystems, 47(2): 282–295. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-282-295

Введение

Русла рек и прилегающая к ним территория – сложная природная парагенетическая система, элементы которой характеризуются упорядоченностью входящих в ее состав элементов. От истока до устья характер движения вещества придает бассейну реки динамическое единство как в продольном, так и поперечном планах [Мильков, 1981]. Рельеф является главной составляющей водосборных бассейнов разного порядка, определяя сток воды и наносов. Для характеристики рельефа бассейнов рек необходимо определение морфометрических и гидрологических показателей, которые до развития геоинформационных технологий получали вручную с помощью топографических карт и землемерной съемки. В настоящее время наиболее простым способом получения необходимых характеристик является анализ цифровых моделей рельефа (ЦМР) с помощью ГИС.

Малые речные бассейны могут выступать в качестве основной территориальной единицы при районировании территорий, оценке интенсивности экзогенных геоморфологических процессов, в эколого-геоморфологических изысканиях. Весь геоморфометрический и структурный морфометрический анализ основан на исследовании бассейнов первых порядков [Алексеев, 1973; Матвеев, 2008; Waikar, Nilawar, 2014]. Малые речные бассейны требуют повышенного внимания в связи с их недостаточной изученностью, особенно на территории Байкальской рифтовой зоны [Безгодова, 2021; 2022]. Негативные изменения в структуре эрозионной сети малых рек могут привести к необратимым последствиям для всей речной системы и природных комплексов в целом. Морфометрическое моделирование процессов в водосборах с помощью анализа ЦМР широко применяется российскими и зарубежными исследователями [Zhu et al., 2013; Nabi et al., 2014; Иванов, Ермолаев, 2017; Опекунова, Бардаш, 2020].

В настоящей работе поставлена цель проведения морфометрического анализа территории верховья р. Иркут на основе комплексной обработки ЦМР. Автором решены следующие задачи:

- 1) подготовить гидрологически корректную цифровую модель рельефа по спутниковым данным ALOS Digital Surface Model (DSM);
- 2) провести разностороннюю оценку земной поверхности, в том числе в целях геоморфологического и гидрологического анализа;
- 3) автоматизировано рассчитать и картографировать стандартные морфометрические показатели по данным ЦМР.

Бассейны малых рек верховья р. Иркут, выступающие в качестве объекта исследования, характеризуются низкой картографической изученностью геоморфологических и гидрологических параметров. На данную территорию отсутствует ряд морфометрических и комплексных карт, например, уклонов, экспозиции и т. д. Интерес к исследованию этой местности повышается в связи с особенностями геоморфологического, морфологического

строения и амплитуды высот речных бассейнов. Таким образом, морфометрический анализ территории бассейнов малых рек создает предпосылки для дальнейшего многостороннего географического анализа бассейновой системы.

Объекты и методы исследований

Автором рассмотрена территория верховья р. Иркут от истока в оз. Ильчир до Мондинской котловины, куда входят бассейны малых рек: Толта, Гарган, Сусер, Бажир, Тумелик, Ара-Саган-Шулута, Саган-Шулута, Белый Иркут с притоками Мугувек и Средний Иркут, Аерхан. Данные реки выбраны в качестве ключевых и по своим характеристикам они относятся к категории малых рек (длина до 100 км, площадь бассейна до 2000 км²) [Ротмистров, 2004]. Изучаемые реки берут начало со склонов массива Мунку-Сардык, Тункинских Гольцов и южной части Окинского плоскогорья (рис. 1). Общая площадь изучаемой территории – 965 км². Самая северная часть исследуемого бассейна р. Иркут (южная часть Окинского плоскогорья) для удобства названа районом Нуху-Дабан (по названию перевала и вершины на границе с массивом Мунку-Сардык). К району Нуху-Дабан относятся верховья Иркута с истоком в оз. Ильчир. По В.Н. Олюнину [1965] верховья р. Иркут до массива Мунку-Сардык относятся к Ильчирской котловине и Китойскому горному понижению. По В.Б. Выркину [1998] данная территория относится к южной части Окинского плоскогорья к Окинско-Иркутному и Ильчиро-Китойскому геоморфологическим районам и представляет собой область сочленения гор Прибайкалья с Северо-Байкальским нагорьем. Выделяемые два района объединены под названием Нуху-Дабан из-за схожести морфоструктурного плана территории.

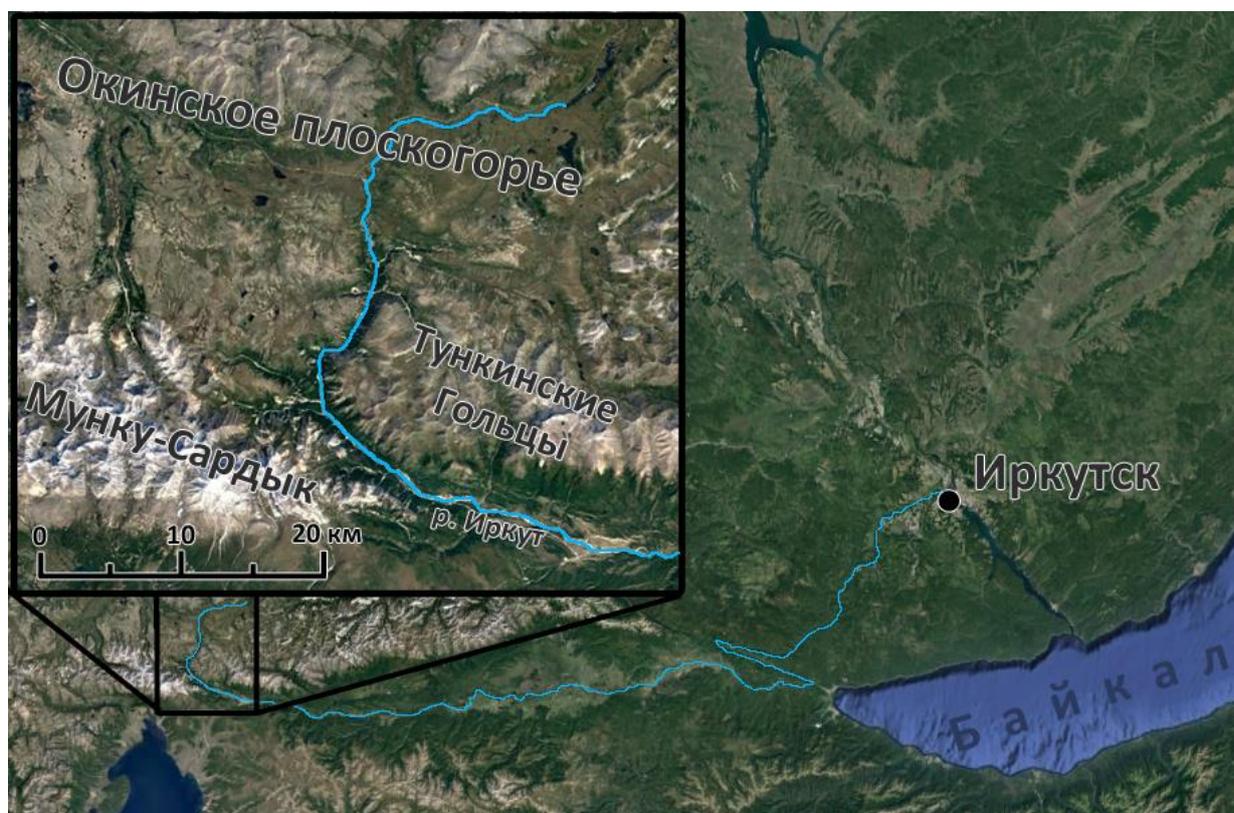


Рис. 1. Географическое положение территории исследования. Снимки Maxar Technologies. 2022
Fig. 1. Geographic location of the study area. Maxar Technologies. 2022 pictures

Район Нуху-Дабан по данным геологических карт СССР Восточно-Саянской серии¹ с юга составляют магматические гранитоидные породы среднего палеозоя, наиболее древние – докембрийские породы залегают в междуречье Оки, Китоя, Иркута (древний выступ – фундамент Гарганской глыбы). Массив Мунку-Сардык сложен среднепалеозойскими магматическими гранитоидными породами в пределах области питания древних и современных ледников (западная часть массива). Осадочные горные породы на территории массива относятся к терригенно-карбонатно-вулканогенным, пояс которых простирается к Ильчирской котловине. Западную часть Тункинских Гольцов составляет мункусардыкский комплекс среднего и верхнего протерозоя. Долины рек Бажир, Толта, Сусер и Гарган заняты отложениями четвертичной системы различного генезиса: верховья р. Бажир, среднее течение р. Гарган и р. Сусер на всем протяжении сложены аллювиальными и флювиогляциальными отложениями среднего плейстоцена; низовья р. Гарган и р. Толта занимают голоценовые аллювиальные отложения. В верховьях р. Иркут отмечены следы верхнеплейстоценового оледенения в виде сглаженных склонов и морен. Ледники спускались по долинам рек Сусер, Гарган, Толта, Тумелик. С массива Мунку-Сардык спускался Иркутский ледник вплоть до Мондинской котловины (юго-восточная часть изучаемой территории) [Олюнин, 1965].

По данным метеостанции Ильчир в пределах района Нуху-Дабан минимум температуры в январе $-20,9$ °С, максимум в июле $+10,1$ °С, за год выпадает 467 мм осадков, на теплый период приходится 85–90 % от общей суммы². Северные части бассейна р. Иркут (район Нуху-Дабан) входят в зону сплошного распространения мерзлоты с мощностью многолетнемерзлого слоя 100–500 м [Захаров, Кичигина, 2011].

Средняя протяженность русел – 13,5 км, средний уклон – 69 ‰, средняя густота речной сети – 0,37 км/км² (табл. 1). Питание малых рек верховья р. Иркут осуществляется в основном за счет дождевых осадков и талых вод. Основная их часть поступает в период весенне-летнего половодья, когда происходит одновременное выпадение осадков в процессе таяния снега и ливневых дождей. Большая часть ливневых осадков приходится на июль – август, период повышенной водоносности рек продолжается вплоть до сентября [Гидрогеология ..., 1970]. По данным Захарова и Кичигиной [2011] расход р. Белый Иркут в районе автомобильного моста (N 51°46'07,0862", E 100°42'28,7653") составляет 2,36 м³/сек. Расход воды р. Гарган в устье составляет 11,9 м³/сек, для р. Толта – 5,01 м³/сек.

Рельеф водоразделов и долин рек Толта, Гарган, Бажир и Сусер района Нуху-Дабан имеет полого-холмистый облик, с моренами в плоских и широких долинах. Выположенный экзарационный рельеф гор достигает высот 2500–2700 м. Долины рек выработаны в моренных отложениях, в верхних и средних течениях имеют небольшие уклоны днища. Слабоволнистые водоразделы с останцами указывают на следы плейстоценовых оледенений. Верховья речных долин имеют форму трогов, средние части слабо врезаны, днища заболочены. Рельеф массива Мунку-Сардык имеет альпинотипный облик, в центральной части массива с высотами 2400–3400 м находится область формирования и транзита современных и древних ледников. Перигляциальные вершины образуют цепь из остроконечных нагромождений.

¹ Геологическая карта СССР. 1969. Масштаб 1:200000. Серия Восточно-Саянская. М., Недра, 74 с.

² Научно-прикладной справочник по климату СССР. Иркутская область и западная часть Бурятской АССР. 1991. Гидрометеиздат, 605 с.



Таблица 1
 Table 1

Морфометрические показатели малых рек верховья р. Иркут
 Morphometric indicators of small rivers in the upper Irkut river territory

№	Название реки	Общая длина, км	Превышение высот, м	Уклон, промилле	Площадь водосбора, км ²	Густота речной сети, км/км ²	Порядок реки по Хортону [Horton, 1945], N
1	Толта	20	454	23	21	0,95	3
2	Гарган	18	601	33	117	0,15	4
3	Сусер	17	506	30	39	0,43	4
4	Бажир	10	640	63	36	0,27	3
5	Тумелик	18	657	35	65	0,27	3
6	Ара-Саган-Шулута	15	690	45	51,1	0,35	3
7	Саган-Шулута	9	1040	115	32,9	0,27	2
8	Белый Иркут	10	1030	103	57	0,17	4
9	Средний Иркут	12	1120	92	24,6	0,48	3
10	Мугувек	5	760	150	14	0,35	3
11	Аерхан	15	1020	68	31	0,48	3

Участки антропогенного преобразования бассейнов малых рек занимают незначительную площадь и приурочены к устьевым частям русел в районе автомобильной дороги «Монды – Орлик» (строительство мостов), а также днищу Мондинской котловины (п. Монды с жилыми домами, хозяйственными постройками, асфальтовыми дорогами). Долины рек Белый Иркут, Средний Иркут и Мугувек являются местом притяжения туристов.

При исследовании применялись следующие методы: математический, описательный, полевой, картографический, геоморфологический, методы дистанционного зондирования и геоинформационного картографирования. Анализ данных проводился с использованием работ по русловедению Р.С. Чалова [2008], А.В. Чернова [2009]. Исследования геолого-геоморфологического строения и климата территории верховья р. Иркут проводились для района г. Мунку-Сардык и южной части Окинского плоскогорья, куда входит район Нуху-Дабан [Коваленко и др., 2013; Выркин, Масютина, 2017]. Использованы работы по общей структуре Тункинского рифта и тектонического строения котловин Байкальского типа [Флоренсов, 1960; Щетников, Уфимцев, 2004]. Морфометрический анализ территории верховья р. Иркут на основе комплексной обработки ЦМР проводится впервые.

Используемые спутниковые данные, подготовка ЦМР и используемые морфометрические характеристики.

Автором использовались данные японской спутниковой системы *ALOS Global Digital Surface Model (DSM)*, *ALOS World 3D–30m (AW3D30)*, горизонтальное разрешение сетки 30 м (1 угловая секунда), фрагменты размером 1 x 1 градус. Снимки представляют собой 32-битную регулярную сетку, где атрибут ячейки соответствует высоте над уровнем моря в данной точке. Данные отнесены к мировой геодезической системе 1984 года – WGS–84.

Подготовка ЦМР и получение ее производных выполнялось в программе *SAGA GIS* (версия 7.8.1), оформление и анализ данных в программе *ArcGIS 10 (ESRI Inc.)*. Перед проведением морфометрического анализа для ЦМР задана проекционная система координат *UTM* для зоны 48N в *SAGA GIS* с помощью модуля *Coordinate Transformation (Grid)*. Далее проведена обрезка растра по границам изучаемой территории модулем «*Clip grid with polygon*». Последний этап обработки ЦМР – удаление «ложных впадин», которые представляют собой пустоты в цифровой модели, полученные из-за ошибок интерполяции, округления и усреднения значений высот, используя модуль *Fill Sinks (Planchon/Darboux, 2002)*. После проведенных процедур ЦМР (рис. 2) готова к проведению морфометрического анализа.

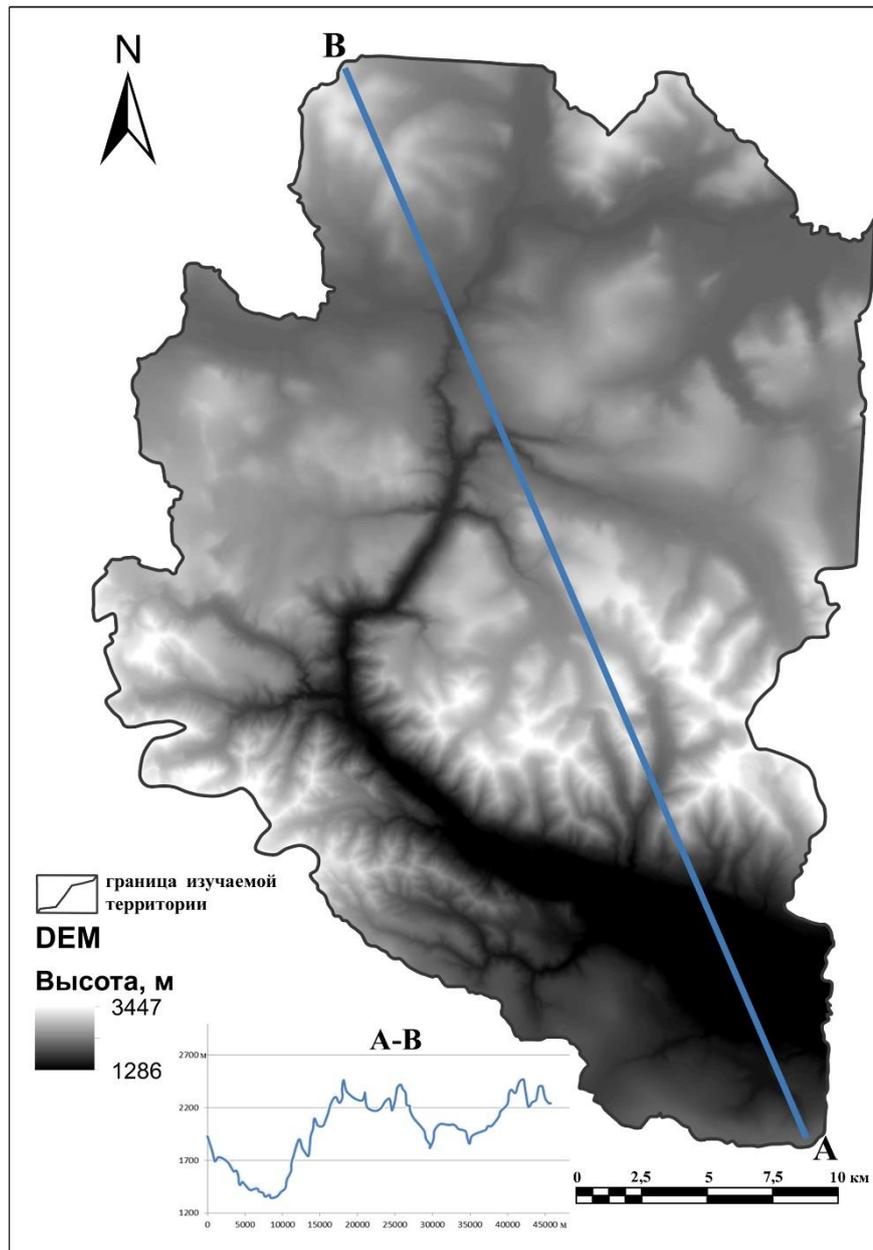


Рис. 2. Цифровая модель рельефа (DEM) верховья р. Иркут
Fig. 2. Digital elevation model (DEM) of the upper Irkut river territory

Для построения производных карт в *SAGA GIS* использовались пакеты модулей «*Terrain Analysis*»: *Terrain Classification*, *Morphometry (Curvature, Slope, Aspect* и т. д.), *Channels (Channel Network)*. При анализе рельефа территории верховья р. Иркут большое внимание уделено морфометрическим показателям: экспозиции склонов, крутизне склонов, относительному показателю эрозии, топографическому индексу влажности, плановой и профильной крутизне. Перечисленные показатели необходимы для анализа рельефа местности, визуализации и моделирования поверхностей.

Показатель абсолютной высоты необходим для определения ярусов рельефа. Вместе с крутизной склонов он указывает на интенсивность сноса рыхлого материала, а также на расстояние, преодолеваемое веществом с границ водоразделов до местного базиса эрозии (р. Иркут). Крутизна склонов также указывает на интенсивность протекания склоновых геоморфологических процессов (эрозионно-склоновый, гравитационно-склоновый, крио-



генно-склоновый). Экспозиция склонов – морфометрическая характеристика рельефа, указывающая на пространственную ориентацию элементарного склона. От нее зависит местный климат и растительность через продолжительность облучения поверхности склонов солнечными лучами (инсоляция). Так, склоны северной и южной экспозиции различаются по радиационным и термическим характеристикам, что влияет на характер и интенсивность протекания экзогенных процессов: на склонах южной экспозиции наблюдается остепнение ландшафтов, мерзлые грунты оттаивают быстрее и чаще встречаются процессы солифлюкции; на склонах северной экспозиции задерживается снеговой покров и активнее протекает нивация.

С помощью расчета коэффициентов плановой и профильной кривизны (*plan/profile curvature*) определяются основные участки с выпуклой и вогнутой поверхностью, что облегчает анализ перераспределения вещества по поверхности рельефа. Для профильной и плановой кривизны единицами измерения являются $1/m$, которые для удобства интерпретации умножаются на 100, т. е. вертикальная кривизна характеризует изменение уклона поверхности на 100 м вдоль его основного направления [Безгодова, 2021]. Эти характеристики могут быть полезны для моделирования риска оползней.

Показатель индекса топографической влажности (*Topographic Wetness Index, TWI*) – это отношение логарифма дренажной площади бассейна к тангенсу крутизны склона. Данный показатель необходим для анализа значений потенциальной влажности водосбора. Высокие показатели индекса указывают на участки аккумуляции влаги в грунтах и почве, что влияет на развитие ландшафтов, рельефа и микроклимата. Данный показатель полезен при картировании почвенного покрова или прогнозировании паводков. LS-фактор – относительный показатель эрозии [Panagos et al., 2015]. Показатель считается индикатором способности водного потока вызывать эрозию, что необходимо для оценки эрозионной сети бассейнов и расчетов эрозионного сноса материала в русла малых рек. S-фактор измеряет влияние крутизны склона, а L-фактор определяет влияние длины склона. В комбинации LS-фактор описывает влияние рельефа местности на эрозию почвы.

Результаты и их обсуждение

Перечисленные выше морфометрические показатели разделены на три группы:

- 1) показатели абсолютной высоты, крутизны склонов и экспозиции склонов;
- 2) показатели плановой и профильной кривизны (*plan/profile curvature*);
- 3) показатели индекса топографической влажности (TWI) и эрозионного потенциала рельефа (LS-фактор).

Первая группа. Абсолютные высоты изучаемой территории по данным ЦМР варьируют от 1286 до 3491 м, средняя высота – 2108 м, стандартное отклонение – 308 м. Анализ распределения высот (рис. 3) по площади исследуемого участка показал, что высоты 2050–2350 м занимают 50,8 % площади, тогда как наименьшая площадь у диапазона высот 3050–3400 (0,1 %). Такое распределение высот связано с преобладанием в структуре рельефа изучаемой территории полого-холмистого экзарационного рельефа района Нуху-Дабан, для которого характерен низкий темп тектонических движений.

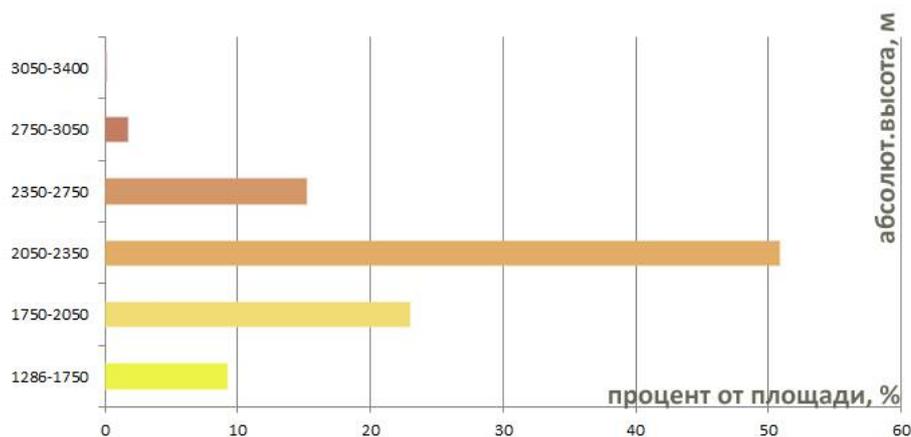


Рис. 3. Распределение высот по площади исследуемого участка
Fig. 3. The distribution of heights over the area of the study territory

В пределах исследуемой территории наибольшую площадь занимают склоны с крутизной $0-4^{\circ}$ (32 %), $4-8^{\circ}$ (15 %) и $8-15^{\circ}$ (14,4 %), что по классификации склонов О.К. Леонтьева и Г.И. Рычагова [1979] соответствует категориям от очень пологих до средней крутизны. Среднее значение – $14,6^{\circ}$ (табл. 2). Тем не менее, 5 % изучаемой территории занимают очень крутые склоны ($> 35^{\circ}$), которые приурочены к массиву Мунку-Сардык и западной оконечности Тункинских Гольцов, что предполагает широкое распространение гравитационных процессов (осыпи, обвалы, лавины и т. д.), а также благоприятные условия для перераспределения стока временных и постоянных водотоков.

Таблица 2
Table 2

Статистические параметры бассейнов малых рек верховья р. Иркут
Statistical parameters of the basins of small rivers in the upper Irkut river territory

Характеристика	Max	Min	Mean	StDev
Абсолютная высота (<i>Elevation</i>), м	3491	1286	2108	308
Крутизна (<i>Slope</i>), град.	68	0	14,6	11,5
Экспозиция склонов (<i>Aspect</i>), град.	360	0	170	106,1
Плановая кривизна (<i>Plan curvature</i>), коэф., у.е.	0,016	-0,012	0,00007	0,0013
Профильная кривизна (<i>Profile curvature</i>), коэф., у.е.	0,016	-0,016	-0,00009	0,0013
Индекс топографической влажности (<i>TWI</i>), коэф., у.е.	23,8	2,99	7,65	2,19
LS-фактор (<i>LSF</i>), коэф., у.е.	82	0,00001	5,26	4,7

Примечание. Max, Min, Mean – соответственно наибольшее, наименьшее и среднее значение, StDev – стандартное отклонение.

Что касается анализа площадного распространения экспозиций склонов, то большая их часть обращена на север (10 %), северо-восток (9,5 %) и северо-северо-восток (9,5 %), что соответствует общему уровню наклона земной поверхности от областей активного тектонического поднятия (массив Мунку-Сардык и Тункинские Гольцы) в сторону тектонически стабильного участка южной части Окинского плоскогорья. Преобладание склонов северной экспозиции определяет снос вещества в сторону района Нуху-Дабан, меньшее поступление солнечной радиации на поверхность, задержку в процессе таяния снега, меньшее испарение влаги.



Вторая группа. При расчете коэффициентов плановой и профильной кривизны (*plan/profile curvature*) для каждой ячейки растра присваивалось значение в промежутке от $-0,016$ до $0,016$, где отрицательное значение для плановой кривизны указывает на вогнутую поверхность, значение 0 – на плоскую поверхность, положительное значение – поверхность выпуклая. Значения у показателя профильной кривизны имеют обратные характеристики: у выпуклых участков значения положительные, у вогнутых – отрицательные, нулевые значения отвечают плоским в профиле поверхностям. По результатам расчетов (см. табл. 2) средние значения профильной и плановой кривизны оказались близкими к нулю ($71,5$ % для плановой и $63,9$ % для профильной кривизны), что говорит о преобладании в рельефе плоских поверхностей (район Нуху-Дабан), на которых задерживается поверхностный сток. Далее идут поверхности с выпуклым профилем, что положительно сказывается на развитии эрозионной сети бассейна. Зоны конвергенции потока (вогнутые участки аккумуляции вещества) приурочены к склонам водоразделов, а также к днищам долин постоянных водотоков; зоны дивергенции (выпуклые участки рассеивания вещества) – склоны массива Мунку-Сардык и Тункинских Гольцов, а также склоны долин с крутыми бортами.

Третья группа. Для территории верховья р. Иркут средний показатель индекса топографической влажности (*TWI*) равен $7,65$, что относится к категории высоких значений [Cushman et al., 2008]. В целом распределение показателя *TWI* по площади занимаемого участка: низкий (до $4,6$) – $3,8$ %, средний ($4,6$ – $7,6$) – $55,8$ %, высокий (более $7,6$) – $40,4$ %. Наиболее увлажненные участки приурочены к пониженным участкам долин, к руслам временных и постоянных водотоков, а также к конусам выноса рек 2–3-го порядка (Тункинские Гольцы). Высокие показатели *TWI* указывают на хорошо развитую эрозионную сеть, а также отмечают участки с развитием временных водотоков, где развиваются флювиальные и эрозионно-склоновые процессы. В местах распространения положительных форм рельефа показатель *TWI* имеет низкие значения, здесь участки характеризуются низкой влажностью почв и грунтов, а также большой глубиной залегания грунтовых вод (выпуклые склоны массива Мунку-Сардык, Тункинских Гольцов, вершинные поверхности).

Для исследуемого участка средний показатель LS-фактора равен $5,26$ (высокая категория [Cushman et al., 2008]). Большая часть территории бассейнов (73 %) относится к высоким показателям LS-фактора (более $1,5$), где максимумы приурочены к наиболее крутым склонам массива Мунку-Сардык, Тункинских Гольцов, низовьям рек Бажир и Тумелик (крутые незадернованные склоны бортов долин). Низкие показатели эрозионного потенциала рельефа выявлены в днище Мондинской котловины, выровненных участках района Нуху-Дабан (Ильчирская котловина), что связано с небольшими уклонами земной поверхности. Высокие показатели LS-фактора указывают на источники сноса рыхлого материала в пониженные участки долин малых рек. На незадернованных склонах развивается линейная и плоскостная эрозия в местах развития почв.

В результате анализ морфометрических показателей территории верховья р. Иркут позволил выделить следующие подрайоны:

Мондинская котловина. Абсолютные высоты района тяготеют к диапазону 1310 – 1375 м ($53,7$ %); большая часть территории занята очень пологими склонами 0 – 4° ($73,3$ %), средний угол наклона $3,9^\circ$; процентное распределение экспозиции склонов примерно равномерное, максимумы у северных и северо-восточных направлений; показатели плановой и профильной кривизны указывают на вогнутый профиль рельефа; средний показатель *TWI* – $8,1$, при этом средние значения у 51 % площади территории, высокие – 48 %; средний показатель LS-фактора – $0,8$, при этом низкие значения характерны для $87,3$ % территории.

Массив Мунку-Сардык (бассейны рек Белый Иркут с притоками, Аерхан). Наибольшую площадь занимают абсолютные высоты 2450 – 2800 м ($24,9$ %) с крутыми

30–35° (21,9 %) и очень крутыми склонами > 35° (20,5 %), средний угол наклона 25,1°; экспозиция склонов север, северо-восток и восток (38,4 %); показатели плановой и профильной кривизны указывают на выпуклый профиль рельефа; средний показатель *TWI* – 6,4, средние значения у 67,6 % площади территории; средний показатель *LS*-фактора – 9,3, высокие значения характерны для 95,6 % площади территории.

Западная оконечность Тункинских Гольцов (бассейны рек Ара-Саган-Шулута, Тумелик, Саган-Шулута). Абсолютные высоты района тяготеют к диапазонам 2150–2400 м (25,6 %) и 2400–2650 м (23,7 %); большая часть территории занята крутыми склонами > 35° (18,4 %), средний угол наклона 21,5°; склоны обращены на юг и юго-запад; показатели плановой и профильной кривизны указывают на выпуклый профиль рельефа; средний показатель *TWI* – 6,9, при этом средние значения у 67 % площади территории; средний показатель *LS*-фактора – 8,09, высокие характерны для 91 % территории.

Район Нуху-Дабан (бассейны рек Сусер, Бажир, Толта, Гарган). Абсолютные высоты района тяготеют к диапазонам 1800–2000 м (27,9 %) и 2000–2200 м (27,4 %); большая часть территории занята очень пологими 0–4° (32,3 %) и пологими склонами 4–8° (32,7 %), средний угол наклона 9,2°; процентное распределение экспозиции склонов примерно равномерное (от 6,7 % до 10,2 %), где максимум у северных и северо-западных направлений; показатели плановой и профильной кривизны указывают в целом на выровненную поверхность рельефа; средний показатель *TWI* – 8,1, средние значения у 50,5 % площади территории; средний показатель *LS*-фактора – 3,08, при этом высокие значения характерны для 59,4 % территории.

Таким образом, морфометрия рельефа вместе с климатическими особенностями территории создают условия для высотного распределения морфологии рельефа, на развитие которого оказывают влияние флювиальные и нефлювиальные геоморфологические процессы. Эти процессы преобразуют водоразделы, склоны, элементы долин и русел малых рек, а также поставляют рыхлый материал в русла рек. В результате совместная деятельность флювиальных и нефлювиальных процессов вместе с тектоническими и геолого-геоморфологическими условиями сказывается, например, на наборе морфодинамических типов русел. Так, для западной оконечности Тункинских Гольцов в поясе нивального климата с развитием нивационных форм и следами ледниковой деятельности характерны гравитационно-склоновые и криогенно-склоновые процессы, что создает условие для развития извилистых и разветвленно-извилистых типов русел; в поясе гумидного климата на склонах средней крутизны развиты эрозионные процессы, происходит формирование конусов выноса с адаптированными извилистыми руслами. Для высокогорного пояса с высотами 2200–3400 м (табл. 3) на крутых (до 90°) склонах активно развиваются гравитационно-склоновые и криогенно-склоновые процессы, происходит активный снос (максимальные показатели *LS*-фактора) рыхлого материала на более низкие гипсометрические уровни, при этом влага на поверхности рельефа не задерживается (низкие показатели топографического индекса влажности). Таким образом, это доказывает связность элементов речных русел с морфологией рельефа и экзогенными процессами.

В результате анализ вышеперечисленных характеристик позволил выявить основные факторы развития эрозионной (речной) сети, где особо важная роль среди морфометрических показателей принадлежит высоте, крутизне, экспозиции склонов (влияние на перераспределение атмосферных осадков и их превращение в речной сток).



Таблица 3
Table 3

Соотношение морфометрических показателей рельефа с ярусами рельефа и нефлювиальными геоморфологическими процессами территории массива Мунку-Сардык и хребта Тункинские Гольцы (западная оконечность)
Correlation of morphometric indicators of relief with relief tiers and non-fluvial geomorphological processes of the territory of the Munku-Sardyk and the Tunkinskie Golcy ridge (western tip)

Крутизна, градус	LS-фактор (коэффициент, у. е.)	Ярус, высоты в метрах	Ведущий нефлювиальный геоморфологический процесс	Площадь, которую занимает процесс от общей площади яруса, %
Массив Мунку-Сардык				
21–90	27,6–82	Высокогорный пояс (3000–3491)	гравитационно-склоновый	39
			криогенно-склоновый	35
			криогенный (криогенное выветривание)	26
13–44	12,4–37,3	Среднегорный пояс (1500–3000)	криогенно-склоновый	64
			гравитационно-склоновый	36
9–32	3,1–8,9	Низкогорный пояс (1500–1440)	криогенно-склоновый	46
			криогенный	38
			эрозионно-склоновый	16
Тункинские Гольцы				
11–38	14,6–48,9	Среднегорный пояс (1500–3015)	криогенно-склоновый	73
			гравитационно-склоновый	27
6–23	2,8–7,9	Низкогорный пояс (1340–1500)	криогенно-склоновый	42
			криогенный	40
			эрозионно-склоновый	18

Данные показатели определяют выпуклый профиль рельефа, средние и высокие показатели индексов TWI и LS-фактора, что в совокупности с климатическими особенностями территории способствует развитию сети постоянных и временных водотоков, задает направление и объем поверхностного стока, а также увеличивает количество рыхлого материала, выносимого с горных территорий на выровненные участки района Нуху-Дабан и днище Мондинской котловины.

Значительную часть территории верховья р. Иркут занимают водораздельные пространства, где происходит накопление снежного покрова на склонах массива Мунку-Сардык, Тункинских Гольцов и затененных участках (склоны северной экспозиции) района Нуху-Дабан. Весной происходит задержка в процессе таяния снежного покрова и период обильного поступления поверхностного и подземного стока в русла выпадает на летние месяцы вместе с периодом ливневых дождей. При этом увеличивается водосборная поверхность и наблюдается повышение порядка водотоков, что характерно для верхних звеньев речной сети Тункинских Гольцов и массива Мунку-Сардык (водотоки 1-го порядка становятся водотоками 2–3-го порядков вследствие появления стока в системе временных водотоков).

Заключение

Впервые для территории верховья р. Иркут на базе ГИС (SAGA GIS, ArcGIS) с использованием автоматизированных процедур выполнены морфометрический анализ и расчеты по гидрологически корректной ЦМР (ALOS DSM). Расчет статистических параметров позволил выявить основные закономерности развития рельефа. В результате наиболее важная роль в развитии эрозионной сети и переносе вещества среди морфометрических показателей принадлежит абсолютной высоте, крутизне и экспозиции склонов, которые создают условия для распределения относительного показателя эрозии, индекса топографической влажности, плановой и профильной кривизны, а также набора высотных ярусов и дифференциации ведущих рельефообразующих процессов. Чем выше показатели крутизны склонов и больше абсолютная высота, тем интенсивнее протекают экзогенные геоморфологические процессы (в основном гравитационно-склоновые) и выше показатель LS-фактора. На пологих склонах в нижних ярусах рельефа с развитием криогенных процессов эрозионный показатель достигает минимума, тогда как топографический индекс влажности имеет максимальные значения.

Список литературы

- Алексеев В.Р. 1973. Наледи как фактор долинного морфолитогенеза. Региональная геоморфология Сибири, Изд-во ИГиДВ СО АН СССР: 89–134.
- Безгодова О.В. 2021. Применение морфометрического анализа для бассейнов малых рек котловин Байкальской рифтовой зоны. Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле, 31(3): 290–300. DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-3-290-300
- Безгодова О.В. 2022. Структурно-морфометрический анализ бассейнов малых рек котловин Тункинской системы. Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле, 32(1): 31–41. DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-1-31-41
- Выркин В.Б. 1998. Современное экзогенное рельефообразование котловин байкальского типа. Иркутск, Изд-во ИГи СО РАН, 175 с.
- Выркин В.Б., Масютина Ю.А. 2017. Геоморфологическое районирование Окинского плоскогорья (Восточный Саян). Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле, 19: 32–47.
- Гидрогеология СССР. Том 22. Бурятская АССР. 1970. М., Недра, 432 с.
- Иванов М.А., Ермолаев О.П. 2017. Геоморфометрический анализ бассейновых геосистем Приволжского федерального округа по данным SRTM и ASTER GDEM. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 14(2): 98–109. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-2-98-109
- Захаров В.В., Кичигина Н.В. 2011. Роль речного стока в формировании русловых процессов высокогорной области Восточного Саяна (в верховьях рек Иркут, Китоя, Оки). В кн.: Рельеф и экзогенные процессы гор. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения доктора географических наук, профессора Л. Н. Ивановского, Иркутск, 25–28 октября 2011. Иркутск, Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, 2: 76–79.
- Коваленко С.Н., Мункоева Э.В., Зацепина Н.А. 2013. Климат района Мунку-Сардык (Восточный Саян). Вестник кафедры географии ВСГАО, 1–2: 15–23.
- Леонтьев О.К., Рычагов Г.И. 1979. Общая геоморфология. М., Высшая школа, 287 с.
- Матвеев Н.П. 2008. Малые реки. Вестник Московского государственного областного университета. Серия Естественные науки, 2: 18–31.
- Мильков Ф.Н. 1981. Бассейн реки как парадинамическая ландшафтная система и вопросы природопользования. География и природные ресурсы, 4: 11–18.
- Олюнин В.Н. 1965. Неотектоника и оледенение Восточного Саяна. М., Наука, 128 с.
- Опекунова М.Ю., Бардаш А.В. 2020. Геоморфометрический анализ рельефа бассейна реки Ия. В кн.: VIII Щукинские чтения: рельеф и природопользование. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 28 сентября – 01 октября 2020. М., Географический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова: 514–520.



- Ротмистров В.Л. 2004. Малые реки Ярославского Поволжья. Ярославль, Изд-во ВВО РЭА, 54 с.
- Флоренсов Н.А. 1960. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья. М.–Л., Изд-во АН СССР, 259 с.
- Чалов Р.С. 2008. Русловедение: теория, география, практика. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М., Изд-во ЛКИ, 610 с.
- Чернов А.В. 2009. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. М., Крона, 682 с.
- Щетников А.А., Уфимцев Г.Ф. 2004. Структура рельефа и новейшая тектоника Тункинского рифта. М., Научный мир, 160 с.
- Cushman S.A., McGarigal K., Neel M.C. 2008. Parsimony in Landscape Metrics: Strength, Universality, and Consistency. *Ecological Indicators*, 8(5): 691–703. DOI: 10.1016/j.ecolind.2007.12.002
- Nabi M., Giri S., Iwasaki T., Kimura I., Shimizu S. 2014. Multi-Scale Modeling of River Morphodynamics. Conference: River Flow: 75–83. DOI: 10.1201/b17133-167
- Panagos P., Borrelli P., Meusburger K. 2015. A New European Slope Length and Steepness Factor (LS-Factor) for Modeling Soil Erosion by Water. *Geosciences*, 5(2): 117–126. DOI: 10.3390/geosciences5020117
- Horton R.E. 1945. Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydro-Physical Approach to Quantitative Morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3): 275–370. DOI: 10.1130/0016-7606(1945)56
- Waikar M.L., Nilawar A.P. 2014. Morphometric Analysis of a Drainage Basin Using Geographical Information System: a Case Study. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*, 2: 179–184.
- Zhu D., Ren Q., Xuan Y., Chen Y., Cluckie I.D. 2013. An Effective Depression Filling Algorithm for DEM-based 2-D Surface Flow Modelling. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(2): 495–505. DOI: 10.5194/hess-17-495-2013

References

- Alekseev V.R. 1973. Naledi kak faktor dolinnogo morfolitogeneza [Ice as a Factor of Valley Morpholithogenesis]. *Regional'naya geomorfologiya Sibiri, Publ. IGSDV SO AN USSR*: 89–134.
- Bezgodova O.V. 2021. Application of Morphometric Analysis for Small River Basins of the Baikal Rift Zone Basins. *Bulletin of the Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 31(3): 290–300 (in Russian). DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-3-290-300
- Bezgodova O.V. 2022. Structural and Morphometric Analysis of the Small Rivers Basins in the Tunka System. *Bulletin of the Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 32(1): 31–41 (in Russian). DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-1-31-41
- Vyrkin V.B. 1998. Sovremennoe ekzogennoe rel'efoobrazovanie kotlovin bajkal'skogo tipa [Modern Exogenous Relief Formation of Baikal Type Basins]. Irkutsk, Publ. IG SB RAS, 175 p.
- Vyrkin V.B., Masyutina Yu.A. 2017. Geomorphological Regionalization of Okinskoe Highland (Eastern Sayan). *The Bulletin of Irkutsk State University. Series «Earth Sciences»*, 19: 32–47 (in Russian).
- Gidrogeologiya SSSR. Tom 22. Buryatskaya ASSR [Hydrogeology of the USSR. Volume 22. Buryat ASSR]. 1970. Moscow, Publ. Nedra, 432 p.
- Ivanov M.A., Ermolaev O.P. 2017. Geomorphometric Analysis of River Basins of the Volga Federal District Using SRTM and ASTER GDEM Data. *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*, 14(2): 98–109 (in Russian).
- Zakharov V.V., Kichigina N.V. 2011. Rol rechnogo stoka v formirovanii ruslovykh protsessov vysokogornoy oblasti Vostochnogo Sayana (v verkhoviakh rek Irkuta. Kitoya. Oki) [The Role of River Runoff in the Formation of Channel Processes in the High-Mountainous Region of the Eastern Sayan (in the Upper Reaches of the Irkut, Kitoy, Oka Rivers)]. In: *Relyef i ekzogennyye protsessy gor [Relief and Exogenous Processes of Mountains]*. Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 100th anniversary of the birth of Doctor of Geography, Professor L.N. Ivanovsky, Irkutsk, 25–28 October 2011. Irkutsk, Publ. Institut geografii im. V.B. Sochavy Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk, 2: 76–79.
- Kovalenko S.N., Munkoeva E.V., Zatsepina N.A. 2013. Climate of the Munku-Sardyk Region (Eastern Sayan). *Bulletin of the Department of Geography of the ESGAO*, 1–2: 15–23 (in Russian).
- Leontiev O.K., Rychagov G.I. 1979. Obshchaya geomorfologiya [General Geomorphology]. Moscow, Publ. Vysshaya shkola, 287 p.



- Matveev N.P. 2008. Small Rivers. Bulletin of Moscow state region university. Series Natural Sciences, 2: 18–31 (in Russian).
- Milkov F.N. 1981. Bassejn reki kak paradinamicheskaya landshaftnaya sistema i voprosy prirodopol'zovaniya [River Basin as a Paradyamic Landscape System and Nature Management Issues]. Geografiya i prirodnyye resursy, 4: 11–18.
- Olyunin V.N. 1965. Neotektonika i oledenenie Vostochnogo Sayana [Neotectonics and Glaciation of the Eastern Sayan]. Moscow, Publ. Nauka, 128 p.
- Opekunova M.Yu., Bardash A.V. 2020. Geomorfometricheskij analiz relyefa basseyna reki Iya [Geomorphometric Analysis of the Relief of the Iya River Basin]. In: VIII Shchukinskiye chteniya: relyef i prirodopol'zovaniye [VIII Shchukin Readings: Relief and Nature Management]. Materials of the All-Russian Conference with international participation, Moscow, 28 September – 01 October 2020. Moscow, Publ. Faculty of Geography, Moscow State University: 514–520.
- Rotmistrov V.L. 2004. Malye reki Yaroslavsogo Povolzh'ya [Small Rivers of the Yaroslavl Volga Region]. Yaroslavl, Publ. VVO REA, 54 p.
- Florensov N.A. 1960. Mezozojskie i kajnozozjskie vpadiny Pribajkal'ya [Mesozoic and Cenozoic Depressions of the Baikal Region]. Moscow–Leningrad, Publ. Academy of Sciences of the USSR, 259 p.
- Chalov R.S. 2008. Ruslovedenie: teoriya, geografiya, praktika. Ruslovye processy: faktory, mekhanizmy, formy proyavleniya i usloviya formirovaniya rechnyh rusel [Ruslovedenie: Theory, Geography, Practice. Channel Processes: Factors, Mechanisms, Forms of Manifestation and Conditions for the Formation of River Channels]. Moscow, Publ. LKI, 610 p.
- Chernov A.V. 2009. Geografiya i geoekologicheskoe sostoyanie rusel i pojmv rek Severnoj Evrazii [Geography and Geocological State of Channels and Floodplains of the Rivers of Northern Eurasia]. Moscow, Publ. Krona, 684 p.
- Shchetnikov A.A., Ufimtsev G.F. 2004. Struktura rel'efa i novejschaya tektonika Tunkinskogo rifta [Relief Structure and Recent Tectonics of the Tunkinsky Rift]. Moscow, Publ. Nauchnyj mir, 160 p.
- Cushman S.A., McGarigal K., Neel M.C. 2008. Parsimony in Landscape Metrics: Strength, Universality, and Consistency. Ecological Indicators, 8(5): 691–703. DOI: 10.1016/j.ecolind.2007.12.002
- Nabi M., Giri S., Iwasaki T., Kimura I., Shimizu S. 2014. Multi-Scale Modeling of River Morphodynamics. Conference: River Flow: 75–83. DOI: 10.1201/b17133-167
- Panagos P., Borrelli P., Meusburger K. 2015. A New European Slope Length and Steepness Factor (LS-Factor) for Modeling Soil Erosion by Water. Geosciences, 5(2): 117–126. DOI: 10.3390/geosciences5020117
- Horton R.E. 1945. Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydro-Physical Approach to Quantitative Morphology. Geological Society of America Bulletin, 56(3): 275–370. DOI: 10.1130/0016-7606(1945)56
- Waikar M.L., Nilawar A.P. 2014. Morphometric Analysis of a Drainage Basin Using Geographical Information System: a Case Study. International Journal of Multidisciplinary and Current Research, 2: 179–184.
- Zhu D., Ren Q., Xuan Y., Chen Y., Cluckie I.D. 2013. An Effective Depression Filling Algorithm for DEM-based 2-D Surface Flow Modelling. Hydrology and Earth System Sciences, 17(2): 495–505. DOI: 10.5194/hess-17-495-2013

*Поступила в редакцию 18.01.2023;
поступила после рецензирования 09.02.2023;
принята к публикации 13.03.2023*

*Received January 18, 2023;
Revised February 09, 2023;
Accepted March 13, 2023*

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

Безгодова Ольга Витальевна, аспирант лаборатории геоморфологии, Институт Географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Olga V. Bezgodova, Postgraduate Student of Laboratory of Geomorphology of Institute of Geography Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia



УДК 556.535.2(571.621)
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-296-305

Комплексная оценка рисков наводнений в Еврейской автономной области

Ливенец А.С.

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН
Россия, 679016, ЕАО, г. Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, 4
E-mail: livenets.as@yandex.ru

Аннотация. На юге Дальнего Востока к наиболее подверженным наводнениям относятся территории бассейна реки Амур, включая Еврейскую автономную область (ЕАО). Комплексная оценка рисков наводнений состоит из двух компонентов: подверженность, или природная опасность (физические факторы), и уязвимость (социально-экономические факторы). Метод комплексной оценки рисков был разработан и использован ООН для оценки индекса рисков в разных странах. Этот же метод был использован на более локальных уровнях для регионов России и муниципальных образований Краснодарского края. Цель данного исследования – комплексная оценка рисков наводнений для города Биробиджана и районов ЕАО. На основе индекса подверженности населения к наводнениям, рассчитанного по данным о затопляемости территорий области, а также проанализированного нами ранее индекса уязвимости населения ЕАО к наводнениям, был получен интегральный индекс рисков наводнений для каждого района области и города Биробиджана. Результаты работы позволяют оценить ситуацию в отдельных административно-территориальных единицах и на их основе принимать решения о первоочередности помощи при чрезвычайных ситуациях и распределении финансирования для ликвидации последствий.

Ключевые слова: наводнение, риск, уязвимость, индекс уязвимости, индекс подверженности, Еврейская автономная область

Для цитирования: Ливенец А.С. 2023. Комплексная оценка рисков наводнений в Еврейской автономной области. Региональные геосистемы, 47(2) 296–305. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-296-305

Comprehensive Assessment of Flood Risks in the Jewish Autonomous Region

Alexandra S. Livenets

Institute for Complex Analysis of Regional Problems, Far Eastern Branch,
Russian Academy of Sciences (ICARP FEB RAS)
4 Sholom-Aleikhem St, Birobidzhan 679016, Russia
E-mail: livenets.as@yandex.ru

Abstract. The territories of the Amur River basin are among the most prone to flooding in the south of the Russian Far East, including the Jewish Autonomous Region (JAR). For more than 120 years of observations, catastrophic floods in this area were recorded in 17 % of the years, including in the years 2013 and 2019. A comprehensive flood risk assessment consists of two components: exposure or natural hazard (physical factors) and vulnerability (socio-economic factors). The integrated risk assessment method was developed and used by the UN to assess the risk index for different countries. The same method was used at the local levels for the regions of Russia and municipalities of the Krasnodar Krai. The purpose of this study is a comprehensive assessment of flood risks for the districts and the city of Birobidzhan of the Jewish Autonomous Region. The index of vulnerability of the population of the JAR to floods was calculated earlier. In this study, based on data on the flooding of the territories of the region, the index of

the population's exposure to floods was calculated. Further, on the basis of the obtained indices, an integral flood risk index was calculated for each district of the region and the city of Birobidzhan. The data obtained make it possible to assess the situation in individual administrative-territorial units and, based on them, make decisions on the priority of assistance in emergency situations and the allocation of funding for the elimination of consequences.

Keywords: flood, risk, vulnerability, vulnerability index, exposure index, Jewish Autonomous Region

For citation: Livenets A.S. 2023. Comprehensive Assessment of Flood Risks in the Jewish Autonomous Region. *Regional Geosystems*, 47(2): 296–305. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-296-305

Введение

Наводнения являются самым распространенным видом стихийных бедствий и наиболее значительным с точки зрения количества пострадавших [Разумов и др., 2018]. Они могут быть разного генезиса: половодья, или весенне-летнее снеготаяние; паводки – экстремальные осадки в виде дождя; заторы и зажоры льда. В России чаще всего причиной наводнений являются половодья [Добровольский и др., 2018; Григорьева, Ревич, 2021]. К регионам России, наиболее подверженным опасным гидрологическим явлениям, относятся и регионы юга Дальнего Востока, находящиеся на территории бассейна реки Амур. Именно здесь заметно проявляется муссонный характер климата юга Дальнего Востока [Костин, Покровская, 1953]. Амур является одной из крупнейших рек мира протяженностью 4444 км, его бассейн занимает площадь около 1,9 млн км². В настоящее время гидрологический режим Амура меняется под воздействием глобальных изменений климата, что может сказаться на увеличении риска опасных природных явлений [Махинов, Ким, 2020].

На территории Дальнего Востока наводнения отмечаются постоянно, в основном в летний период. Более 120 лет велись наблюдения за уровнем воды в Амуре: наводнения в г. Хабаровск отмечались в 91 % прошедшего временного отрезка, а в 17 % – катастрофические, с наибольшим ущербом [Бортин, 2017]. За последние годы два наиболее катастрофических наводнения в бассейне Амура произошли в 2013 и 2019 гг. [Григорьева, Ревич, 2021; Grigorieva, Livenets, 2022]. Катастрофическое наводнение в августе – сентябре 2013 года в Хабаровском крае, Еврейской автономной и Амурской областях было вызвано ливневыми дождями при прохождении глубоких циклонов. Ущерб от этого наводнения составил более 500 млрд руб. и в целом по бассейну превысил годовой бюджет всех административных субъектов ДФО [Бортин, 2017]. В ЕАО экономический ущерб от наводнения 2013 года оценивается в 4 млрд руб. [Уроки прошлого..., 2016].

Территория ЕАО относится к области муссонов умеренных широт со средним количеством осадков в году от 644 до 800 мм/год [Аношкин и др., 2018]. Годовой максимум осадков приходится на летние месяцы, обуславливая появление паводков. Значительные паводки формируются так называемыми паводкообразующими дождями повышенной интенсивности (ливнями) или длительности (обложными) [Аношкин, 2014].

Комплексная оценка рисков опасных природных явлений включает использование физических – природная опасность или подверженность (*exposure*), и социально-экономических факторов – уязвимость (*vulnerability*) [World Risk Report..., 2011; Гладкевич и др., 2012; Земцов и др., 2012]. Риск – это мера количественного многокомпонентного измерения опасности с включением величины ущерба от воздействия опасных факторов, вероятности их возникновения и неопределенности в величинах ущерба и вероятности [Гладкевич и др., 2012]. Риск равен нулю в случаях, где вероятность возникновения опасного явления отсутствует, нет ущерба и пострадавших, или вероятность явления велика, но отсутствует объект воздействия. Подверженность – это сумма возможных потерь, включает оценку площади территории, основных фондов и количества населения, подверженного наводнениям [Зем-



цов и др., 2012]. Уязвимость – это степень потерь, возникающих в результате развития потенциально опасного явления, показатель способности социальных, физических и экономических структур противостоять опасности [Гладкевич и др., 2012]. Понятие уязвимости возникло в гуманитарных науках, но в последнее время все чаще используется и при изучении катастроф [Liu et al., 2021]. Уязвимость состоит из следующих компонентов: восприимчивость (*susceptibility*), способность к ликвидации последствий (*coping capacity*), способность адаптироваться к новым условиям среды (*adaptive capacity*).

Метод комплексной оценки рисков был разработан и использован ООН для оценки индекса рисков в разных странах [World Risk Report., 2011]. Этот же метод был использован на более локальных уровнях для регионов России и муниципальных образований Краснодарского края [Zemtsov et al., 2014].

Оценка рисков может быть проведена на разных территориальных уровнях, например, поселение, район, бассейн реки и т. д. [Гладкевич и др., 2012]. Проведение анализа на более высоких уровнях может снижать репрезентативность оценок, поэтому в данном исследовании было решено провести оценку уязвимости на локальном уровне – уровне административных районов. К тому же, сбор и обработка статистической информации, а также планирование мероприятий по защите от наводнений и их финансирование осуществляются на уровне районов.

Целью данной работы является оценка рисков наводнений для районов Еврейской автономной области и города Биробиджана. В задачи исследования входило выявление районов, наиболее подверженных наводнениям, на основе информации о максимальных затоплениях территорий и расчет индексов подверженности. Далее на основе индекса подверженности и индекса уязвимости населения проводился расчет интегрального индекса рисков наводнений для каждого района. Результатом исследования стало районирование территории ЕАО по степени рисков наводнений.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются районы ЕАО и город Биробиджан, в разной степени подверженные наводнениям. Предметом исследования являются уязвимость и подверженность территорий и населения к опасным гидрологическим явлениям.

В данной работе для расчета рисков наводнений используется метод, совмещающий подходы отечественной и зарубежной науки, и отработанный на примере регионов Германии и Юго-Восточной Азии [Damm, 2010; Fekete, 2010; World Risk Report..., 2011; Гладкевич и др., 2012]. Этот метод был апробирован ранее на территории России при исследовании социально-экономических рисков в прибрежных районах Краснодарского края [Земцов и др., 2012]. Для вычисления интегрального индекса рисков необходимо рассчитать составные индексы уязвимости и подверженности. Интегральный индекс рисков $I_{инт}$ (1), рассчитывался как произведение индексов подверженности ($I_{под}$) и уязвимости ($I_{уяз}$) [World Risk Report..., 2011]:

$$I_{инт} = I_{под} * I_{уяз}. \quad (1)$$

Существуют различные методы измерения уязвимости к наводнениям [Nasiri et al., 2016; Rehman et al., 2019]. Методы, основанные на индексах, применяются чаще всего, несмотря на необходимость нормировать показатели, вводить вес [Kirby et al., 2019; Chan et al., 2022;]. Расчет индекса уязвимости населения ЕАО к наводнениям подробно описан в более раннем исследовании [Ливенец, 2022]. В табл. 1 указаны использованные для вычисления индекса уязвимости параметры и подпараметры, которые были выбраны на основе более ранних исследований, а также вес для каждого из них [World Risk Report..., 2011; Гладкевич и др., 2012; Земцов и др., 2012; Bigi et al., 2021].

Таблица 1
Table 1

Параметры индекса уязвимости с соответствующим весом
Vulnerability index parameters and their weights

Восприимчивость					
Инфраструктура		Жилищные условия	Социальная незащищенность	Экономический потенциал	
Одиночное протяжение уличной водопроводной сети, м/чел.	Одиночное протяжение уличной канализационной сети, м/чел.	Доля населения, проживающего в ветхих и аварийных жилых домах	Доля населения, обслуживаемого отделениями социального обслуживания на дому граждан пожилого возраста и инвалидов	Оборот розничной торговли, млн. руб./чел.	Объем продукции сельского хозяйства, млн. руб./чел.
0,11	0,11	0,21	0,21	0,18	0,18
Недостаточность ликвидационных способностей					
Эффективность политики государства и местных властей		Развитие медицинских услуг		Материальный достаток	
Доля зарегистрированных безработных (от численности всего населения)	Инвестиции в основной капитал за счет средств муниципального бюджета, тысяч руб./чел.	Число коек в самостоятельных больничных учреждениях / 10000 чел.	Численность врачей всех специальностей (без зубных) в учреждениях здравоохранения / 10000 чел.	Средняя заработная плата, руб./чел.	
0,13	0,13	0,3	0,3	0,14	
Недостаточность адаптивных способностей					
Образование			Инвестиции		
Доля учащихся дневных общеобразовательных учреждений (от численности населения)			Инвестиции в основной капитал по крупным и средним предприятиям, тысяч руб./чел.		
0,5			0,5		

Нормирование показателей выбранных параметров проводилось с использованием формулы линейного масштабирования: (1) – для монотонно возрастающей связи между переменной X и индексом I , и (2) – для монотонно убывающей:

$$I = \frac{X - X_0}{X^* - X_0} \quad (2),$$

$$I = 1 - \frac{X - X_0}{X^* - X_0} \quad (3),$$

где X_0 – минимальное значение переменной X из ряда для всех районов, X^* – максимальное значение.

Индекс уязвимости состоит из индексов восприимчивости ($I_{вос}$), ликвидационных и адаптивных способностей. Индексы ликвидационных и адаптивных способностей связаны с интегральным индексом монотонно убывающей последовательностью. Поэтому для упрощения расчетов они были заменены на противоположные категории: «недостаточность ликвидационных способностей» ($I_{НЛС}$) и «недостаточность адаптивных способностей»



($I_{НАС}$) соответственно. Каждый из составных индексов рассчитывался как сумма нормированных показателей, умноженных на соответствующий вес. Интегральный индекс уязвимости $I_{уяз}$ рассчитывался по следующей формуле:

$$I_{уяз} = 0,33 * (I_{вос} + I_{НЛС} + I_{НАС}) \quad (4),$$

где $I_{вос}$ – индекс восприимчивости, $I_{НЛС}$ – индекс недостаточности ликвидационных способностей, $I_{НАС}$ – индекс недостаточности адаптивных способностей.

Индекс подверженности районов ($I_{под}$) рассчитывается как доля населения, проживающего на территориях, подверженных затоплению (табл. 2):

$$I_{под} = \frac{n}{N} \quad (5),$$

где n – количество проживающих в зонах максимального затопления, N – всего проживающих в данном районе.

Таблица 2
Table 2

Данные для расчета индекса подверженности
Data for calculation of the exposure index

Район	Населенные пункты в зонах затопления паводка 2013 года	Численность населения по переписи 2010 года, человек [Численность населения..., 2010]	Всего человек в зонах затопления	Население района в 2010 году, чел.	$I_{под}$
Биробиджанский	с. Головино	279	1092	11907	0,09
	с. Надеждинское	486			
	с. Раздольное	327			
Ленинский	с. Ленинское	6109	9101	20684	0,44
	с. Кукелево	893			
	с. Нижнеленинское	212			
	с. Квашнино	238			
	с. Дежнево	966			
Облученский	с. Новое	683	1097	29035	0,04
	с. Пашково	668			
Октябрьский	с. Радде	429	9056	11354	0,80
	с. Амурзет	5051			
	с. Пузино	729			
	с. Доброе	158			
	с. Благословенное	869			
	с. Нагибово	534			
Смидовичский	с. Екатерино-Никольское	1715	13380	28165	0,48
	пос. им. Тельмана	1210			
	с. Владимировка	31			
	пос. Соцгородок	180			
	пос. Николаевка	7912			
пос. Приамурский	4047				

Для выявления таких территорий были взяты данные по затоплению во время сильного паводка 2013 года [Об установлении..., 2013]. Данные составляют перечень затопленных населенных пунктов в каждом районе области. Город Биробиджан был затоплен лишь

частично, в основном в районах частного сектора, к тому же нет возможности рассчитать, сколько населения проживает на затопляемых территориях города. Поэтому считаем, что в целом индекс подверженности для города близок к нулю.

Результаты и их обсуждение

Результаты расчетов индексов подверженности ($I_{под}$), уязвимости ($I_{уяз}$) и интегрального индекса рисков наводнений ($I_{инт}$) приведены в табл. 3. На рис. представлены картограммы индексов уязвимости и подверженности, где оранжевым цветом наглядно выделены наиболее уязвимые и подверженные наводнениям районы.

Таблица 3
Table 3

Расчеты интегрального индекса рисков наводнений ($I_{инт}$),
индексов подверженности ($I_{под}$) и уязвимости ($I_{уяз}$) для районов ЕАО
The integral index of flood risks ($I_{инт}$),
indices of exposure ($I_{под}$) and vulnerability ($I_{уяз}$) of the JAR districts

Район	$I_{инт}$	$I_{под}$	$I_{уяз}$
г. Биробиджан	Близок к 0	Близок к 0	0,44
Облученский	0,01	0,04	0,32
Биробиджанский	0,06	0,09	0,66
Смидовичский	0,22	0,48	0,46
Ленинский	0,26	0,44	0,58
Октябрьский	0,62	0,80	0,78

По полученным результатам районы на территории ЕАО можно разбить на три группы по рискам наводнений (выделены разным цветовым фоном в табл. 3). К группе с очень низким риском наводнений относятся город Биробиджан и два района, Облученский и Биробиджанский. Город находится на берегах реки Биры, от разливов которой защищен дамбой, и поэтому мало подвержен затоплениям. Индекс уязвимости для Биробиджана принимает среднее значение, и интегральный индекс рисков очень низкий.

Облученский район имеет в основном среднегорный рельеф, только несколько малонаселенных населенных пунктов находятся вдоль подверженного затоплениям побережья Амура. Поэтому индекс подверженности в этом районе низкий, и индекс риска наводнений тоже очень низкий.

В Биробиджанском районе несколько малонаселенных населенных пунктов, подверженных наводнениям, находятся вдоль реки Биры, паводки на которой значительно менее разрушительны по сравнению с паводками на Амуре. Индекс уязвимости выше среднего, но благодаря низкой подверженности интегральный индекс рисков принимает очень низкое значение.

Более высокие значения принимает индекс рисков наводнений для Ленинского и Смидовичского районов. В этих районах почти половина населения проживает на затопляемых территориях вдоль рек Амур и Тунгуска. Индексы уязвимости районов принимают средние значения.

Октябрьский район имеет самое высокое значение индекса рисков наводнений. Оба составляющих индекса имеют достаточно высокие значения. Здесь большая часть населения проживает у берегов Амура и подвержена затоплениям. Социально-экономическая обстановка в данном районе худшая в ЕАО, и индекс уязвимости к наводнениям самый высокий.

В связи с разницей в имеющихся статистических показателях среди регионов России, использованный в данном исследовании метод оценки уязвимости не совпадает полностью с методом, использованным ранее для Краснодарского края [Земцов и др., 2012]. Поэтому полученные показатели индекса рисков наводнений для районов ЕАО нельзя сопоставить с результатами для Краснодарского края. Полученное ранжирование районов ЕАО по индексу рисков применимо только для сравнения внутри региона.

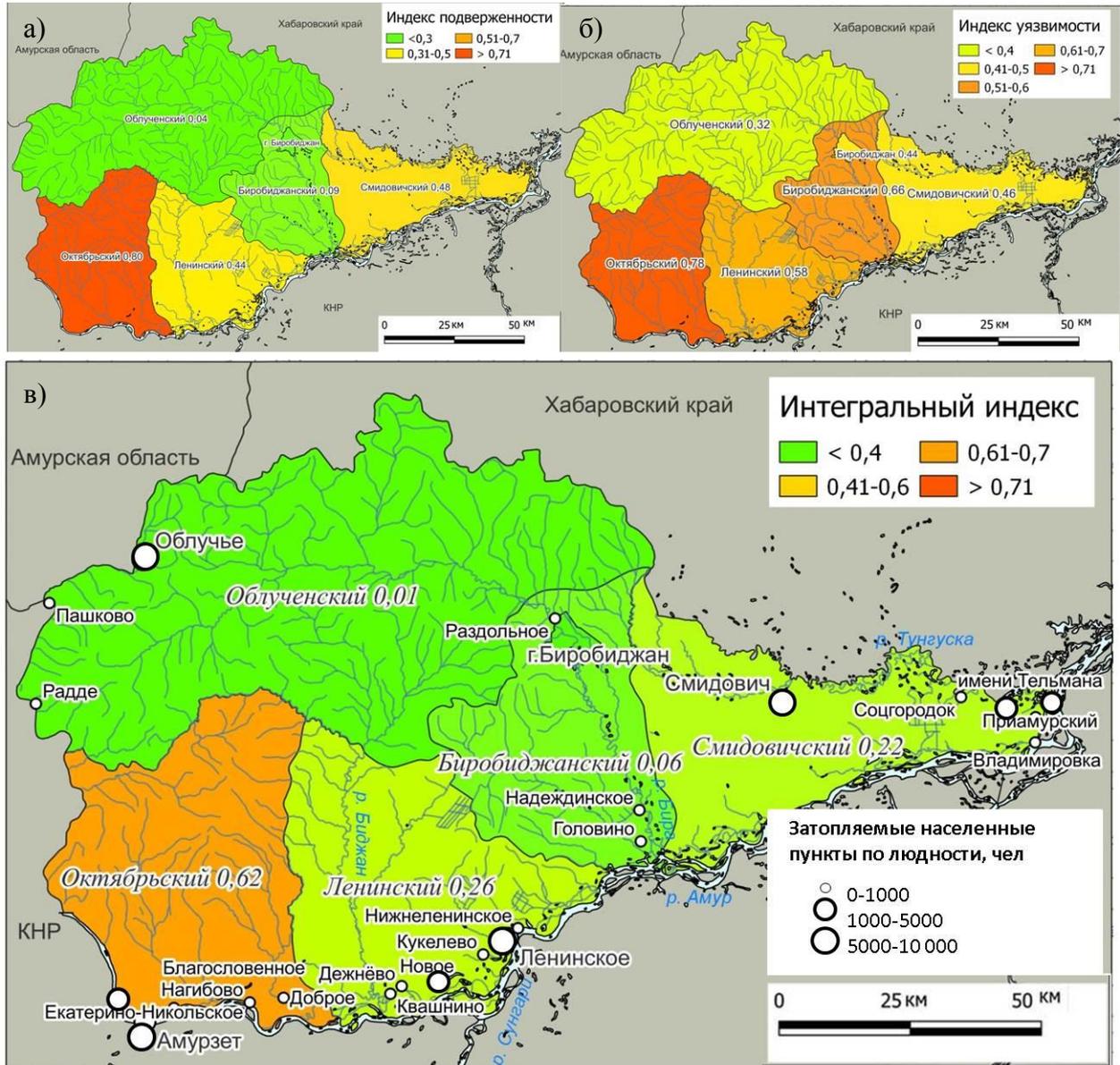


Рис. Картограммы индексов: а) подверженности, б) уязвимости, в) интегральный индекс районов ЕАО

Fig. Maps of the a) exposure, б) vulnerability and в) integral indices of the JAR regions

Полученные нами результаты могут быть использованы для сравнительной оценки возможных потерь в случае опасных гидрологических явлений в районах ЕАО, определения первоочередности помощи и распределения финансирования для ликвидации их последствий.

Заключение

Результатом исследования стал расчет индексов подверженности и интегрального индекса риска наводнений для районов Еврейской автономной области и города Биробиджана. На основе полученных результатов проведено районирование территорий по степени подверженности и уязвимости к наводнениям. Было также проведено ранжирование районов по степени рисков наводнений. Это может позволить оценить ситуацию в отдельных административно-территориальных единицах региона и на их основе принимать решения о первоочередности помощи при чрезвычайных ситуациях и распределении финансирования для ликвидации последствий. В результате расчетов было показано, что наименьшие риски наводнений в Биробиджане, Облученском и Биробиджанском районах. В Ленинском и Сидовичском районах значения индексов рисков также невысокие. Наивысшее значение индекс принимает для Октябрьского района.

Таким образом, так как большая часть населения проживает на благополучных территориях, где меньше подверженность к наводнениям, в целом ситуация в области неплохая. Социально-экономические условия в большинстве районов так же позволяют справляться с последствиями затоплений и адаптироваться к новым катастрофам. Эти данные, однако, служат для приблизительной оценки рисков наводнений и не могут быть использованы для определения точного ущерба от опасных гидрологических явлений.

Список источников

- Об установлении границ подтопленных (затопленных) территорий Еврейской автономной области в результате крупномасштабного наводнения в 2013 г.: Постановление Правительства Еврейской автономной области от 30 сентября 2013 г. № 511. Электронный ресурс. URL: <http://nra.eao.ru/law?print&nd=642226614> (дата обращения 24.01.2023).
- Уроки прошлого: неслыханное наводнение – 2013 в ЕАО заставило мобилизовать все силы. 2016. Электронный ресурс. URL: <https://eaomedia.ru/news/518520/> (дата обращения: 24.01.2023).
- Численность населения по населенным пунктам Еврейской автономной области итоги. Электронный ресурс. URL: https://habstat.gks.ru/storage/mediabank/LqZ4tWBu/Численность%20населения%20по%20населенным%20пунктам%20Еврейской%20автономной%20области_итоги.pdf (дата обращения 24.01.2023).
- World Risk Report. 2011. Bonn, Bündnis Entwicklung Hilft. Electronic resource. URL: <https://makanaka.wordpress.com/2011/10/01/world-risk-report-2011-which-world-and-whose-risk/> (дата обращения 24.01.2023).

Список литературы

- Аношкин А.В. 2014. Обзор гидрологического режима территории среднего течения реки Амур в период катастрофического наводнения 2013 года. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 16(1–4): 938–941.
- Аношкин А.В., Зубарев В.А., Потурай В.А. 2018. Глава 5. Внутренние воды. В кн.: География Еврейской автономной области: общий обзор. Под ред. Фрисмана Е.Я. Биробиджан, ИКАРП ДВО РАН: 51–80.
- Бортин Н.Н. 2017. Проблемы комплексного использования и управления водными ресурсами на территории Амурского бассейна. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, 6: 16–33.
- Гладкевич Г.И., Терский П.Н., Фролова Н.Л. 2012. Оценка опасности наводнений на территории Российской Федерации. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, 2: 29–46.
- Григорьева Е.А., Ревич Б.А. 2021. Риски здоровью российского населения от погодных экстремумов в 2010–2020 гг. Часть 2. Наводнения, тайфуны, ледяной дождь, засухи. Проблемы анализа риска, 18(3): 10–31. DOI: 10.32686/1812-5220-2021-18-3-10-31
- Добровольский С.Г., Истомина М.Н., Пасечкина В.Ю. 2018. Изменения естественных параметров экстремальных гидрологических явлений в России и в мире и вызванных ими ущербов: наводнения и засухи. Вопросы Географии, 145: 183–193.



- Земцов С.П., Крыленко И.Н., Юмина Н.М. 2012. Социально-экономическая оценка риска наводнений в прибрежных зонах азово-черноморского побережья Краснодарского края. В кн.: Природные и социальные риски в береговой зоне Черного и Азовского морей. Сборник научных статей по итогам семинара, Москва, 16–19 июня 2012. Москва, Издательство ТРИУМФ: 86–96.
- Костин И.С., Покровская Т.В. 1953. Климатология. Л., Гидрометеиздат, 427 с.
- Ливенец А.С. 2022. Индекс уязвимости населения Еврейской автономной области к наводнениям. Региональные проблемы, 25(4): 31–40. DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-4-31-40
- Махинов А.Н., Ким В.И. 2020. Влияние изменений климата на гидрологический режим реки Амур. Тихоокеанская география, 1(1): 30–39. DOI: 10.35735/7102875.2020.1.1.004
- Разумов В.В., Качанов С.А., Разумова Н.В., Чириков А.Г., Шагин С.И., Беккиев М.Ю., Глушко А.Я., Пчелкин В.И., Фролко С.В. 2018. Масштабы и опасность наводнений в регионах России. Москва, ВНИИ по проблемам ГО и ЧС МЧС России, 364 с.
- Bigi V., Comino E., Fontana M., Pezzoli A., Rosso M. 2021. Flood Vulnerability Analysis in Urban Context: A Socioeconomic Sub-Indicators Overview. Climate, 9(1): 12. DOI: 10.3390/cli9010012
- Chan S.W., Abid Sh.K., Sulaiman N., Nazir U., Azam K. 2022 A Systematic Review of the Flood Vulnerability Using Geographic Information System. Heliyon, 3(8): e09075. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09075
- Damm M. 2010. Mapping Social-Ecological Vulnerability to Flooding – A sub-national approach for Germany. Inaugural – Dissertation. München, 226 p.
- Fekete A. 2010. Assessment of Social Vulnerability to River Floods in Germany. Publication Series of UNU-EHS, 4: 119.
- Grigorieva E.A., Livenets A.S. 2022. Risks to the Health of Russian Population from Floods and Droughts in 2010–2020: A Scoping Review. Climate, 10(3): 37. DOI: 10.3390/cli10030037
- Kirby R.H., Reams M.A., Lam N.S.N., Zou L., Dekker G.G.J., Fundter D.Q.P. 2019. Assessing Social Vulnerability to Flood Hazards in the Dutch Province of Zeeland. International Journal of Disaster Risk Science, 10(2): 233–243. DOI: 10.1007/s13753-019-0222-0
- Liu W.-C., Hsieh T.-H., Liu H.-M. 2021. Flood Risk Assessment in Urban Areas of Southern Taiwan. Sustainability, 13(6): 3180. DOI: 10.3390/su13063180
- Nasiri H., Mohd Yusof M.J., Mohammad Ali T.A. 2016. An Overview to Flood Vulnerability Assessment Methods. Sustainable Water Resources Management, 2(3): 331–336. DOI: 10.1007/s40899-016-0051-x
- Rehman S., Sahana M., Hong H., Sajjad H., Ahmed B.B. 2019. A Systematic Review on Approaches and Methods Used for Flood Vulnerability Assessment: Framework for Future Research. Natural Hazards, 96(2): 975–998. DOI: 10.1007/s11069-018-03567-z
- Zemtsov S., Baburin V., Koltermann K., Krylenko I., Yumina N., Litvinov V. 2014. Social Risk and Vulnerability Assessment of the Hazardous Hydrological Phenomena in the Krasnodar Region of Russia. Geography, Environment, Sustainability, 4(7): 95–117.

References

- Anoshkin A.V. 2014. The Review of Hydrological Mode of Middle Amur Flow Territory During the Period of Catastrophic Flood in 2013. Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 16(1–4): 938–941 (in Russian).
- Anoshkin A.V., Zubarev V.A., Poturay V.A. 2018. Chapter 5. Inland Waters. In: A Geography of Jewish Autonomous Region: Overview. Ed. by Frisman E.Ya. Birobidzhan, Publ. ICARP FEB RAS: 51–80 (in Russian).
- Bortin N.N. 2017. Problems of Water Resources Integrated Use and Management of the Territory of the Amur River Basin. Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management, 6: 16–33 (in Russian).
- Gladkevich G.I., Terskiy P.N., Frolova N.L. 2012. Assessment of Inundation Hazard on the Territory of the Russian Federation. Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management, 2: 29–46 (in Russian).
- Grigorieva E.A., Revich B.A. 2021. Health Risks to the Russian Population from Weather Extremes in 2010–2020. Part 2. Floods, Typhoons, Ice Rain, Droughts. Issues of Risk Analysis, 18(3): 10–31 (in Russian). DOI: 10.32686/1812-5220-2021-18-3-10-31
- Dobrovolski S.G., Istomina M.N., Pasechkina V.Yu. 2018. Changes in Time of Natural Parameters and Damages of Extreme Hydrological Events in Russia and the World: Floods and Droughts. Voprosy Geografii, 145: 183–193 (in Russian).

- Zemtsov S.P., Krylenko I.N., Yumina N.M. 2012. Sotsialno-ekonomicheskaya otsenka riska navodneniy v pribrezhnykh zonakh azovo-chernomorskogo poberezhia Krasnodarskogo kraia [Socio-Economic Evaluation of Flood Risk in the Coastal Area of Azov and Black Seas in the Krasnodar Region]. In: Prirodnye i sotsial'nye riski v beregovoi zone Chernogo i Azovskogo morei [Natural and social risks in the coastal zone of the Black and Azov Seas]. Collection of scientific articles on the results of the seminar, Moscow, 16–19 June 2012. Moscow, Publ. Triumf: 86–96.
- Kostin I.S., Pokrovskaya T.V. 1953 Klimatologiya [Climatology]. Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 427 p.
- Livenets A.S. 2022. Index of Vulnerability to Floods for the Jewish Autonomous Region Population. Regional'nye problem, 25(4): 31–40 (in Russian). DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-4-31-40
- Makhinov A.N., Kim V.I. 2020. Effect of Climate Changes on the Hydrological Regime of the Amur River. Pacific Geography, 1(1): 30–39 (in Russian). DOI: 10.35735/7102875.2020.1.1.004
- Razumov V.V.1, Kachanov S.A.2, Razumova N.V.3, Chirikov A.G.2, Shagin S.I.4, Bekkiev M.Yu., Glushko A.Ya.5, Pchelkin V.I.2, Frolko S.V. 2018. The Extent and Risk of Floods in the Regions of Russia. Moscow, Publ. VNIi po problemam GO i ChS MChS Rossii, 363 p. (in Russian).
- Bigi V., Comino E., Fontana M., Pezzoli A., Rosso M. 2021. Flood Vulnerability Analysis in Urban Context: A Socioeconomic Sub-Indicators Overview. Climate, 9(1): 12. DOI: 10.3390/cli9010012
- Chan S.W., Abid Sh.K., Sulaiman N., Nazir U., Azam K. 2022 A Systematic Review of the Flood Vulnerability Using Geographic Information System. Heliyon, 3(8): e09075. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09075
- Damm M. 2010. Mapping Social-Ecological Vulnerability to Flooding – A sub-national approach for Germany. Inaugural – Dissertation. München, 226 p.
- Fekete A. 2010. Assessment of Social Vulnerability to River Floods in Germany. Publication Series of UNU-EHS, 4: 119.
- Grigorieva E.A., Livenets A.S. 2022. Risks to the Health of Russian Population from Floods and Droughts in 2010–2020: A Scoping Review. Climate, 10(3): 37. DOI: 10.3390/cli10030037
- Kirby R.H., Reams M.A., Lam N.S.N., Zou L., Dekker G.G.J., Fundter D.Q.P. 2019. Assessing Social Vulnerability to Flood Hazards in the Dutch Province of Zeeland. International Journal of Disaster Risk Science, 10(2): 233–243. DOI: 10.1007/s13753-019-0222-0
- Liu W.-C., Hsieh T.-H., Liu H.-M. 2021. Flood Risk Assessment in Urban Areas of Southern Taiwan. Sustainability, 13(6): 3180. DOI: 10.3390/su13063180
- Nasiri H., Mohd Yusof M.J., Mohammad Ali T.A. 2016. An Overview to Flood Vulnerability Assessment Methods. Sustainable Water Resources Management, 2(3): 331–336. DOI: 10.1007/s40899-016-0051-x
- Rehman S., Sahana M., Hong H., Sajjad H., Ahmed B.B. 2019. A Systematic Review on Approaches and Methods Used for Flood Vulnerability Assessment: Framework for Future Research. Natural Hazards, 96(2): 975–998. DOI: 10.1007/s11069-018-03567-z
- Zemtsov S., Baburin V., Koltermann K., Krylenko I., Yumina N., Litvinov V. 2014. Social Risk and Vulnerability Assessment of the Hazardous Hydrological Phenomena in the Krasnodar Region of Russia. Geography, Environment, Sustainability, 4(7): 95–117.

*Поступила в редакцию 06.02.2023;
поступила после рецензирования 06.03.2023;
принята к публикации 13.04.2023*

*Received February 06, 2023;
Revised March 06, 2023;
Accepted April 13, 2023*

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

Ливенец Александра Сергеевна, младший научный сотрудник лаборатории региональных социально-экономических систем, Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, г. Биробиджан, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Alexandra S. Livenets, Junior Researcher of the Laboratory of Regional Social-Economical Research, Institute for Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS, Birobidzhan, Russia



УДК 911.3:61; 614.876
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-306-315

Геоинформационная оценка вероятного влияния естественной эманации радона на заболеваемость раком легкого

¹Клепиков О.В., ¹Епринцев С.А., ²Лунёва Е.А., ¹Шекоян С.В.

¹Воронежский государственный университет,
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1

²Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко,
Россия, 394036, г. Воронеж, ул. Студенческая, 10

E-mail: klepa1967@rambler.ru; esa81@mail.ru; e.a.luneva97@mail.ru

Аннотация. Целью исследования являлась геоинформационная оценка вероятного влияния естественной эманации радона на уровень заболеваемости населения Воронежской области раком легкого. Объектами исследования являлись концентрация радона в воздушной среде и заболеваемость населения раком легкого. Сопоставление данных о заболеваемости и значениях эквивалентной равновесной объемной активности изотопов радона в воздухе помещений жилых домов, в том числе с использованием алгоритма корреляционного анализа, показало отсутствие статистически значимой связи. Такой результат может быть связан с доминированием других причин в этиологии рака легкого и относительно низкими значениями показателей эквивалентной равновесной объемной активности изотопов радона в воздухе помещений жилых домов, которые соответствовали нормам радиационной безопасности.

Ключевые слова: радон, заболеваемость, рак легкого, геоинформационные системы, Воронежская область

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-17-00172-П, <https://rscf.ru/project/20-17-00172/>

Для цитирования: Клепиков О.В., Епринцев С.А., Лунёва Е.А., Шекоян С.В. 2023. Геоинформационная оценка вероятного влияния естественной эманации радона на заболеваемость раком легкого. Региональные геосистемы, 47(2): 306–315. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-306-315

Geoinformation Assessment Probable Effect of Natural Radon Emanation on the Incidence of Lung Cancer

¹Oleg V. Klepikov, ¹Sergey A. Yeprintsev, ²Elena A. Luneva, ¹Syuzanna V. Shekoyan

¹Voronezh State University,

1 Universitetskaya Pl, Voronezh 394018, Russia,

²Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko

10 Studencheskya St, Voronezh 394036, Russia

E-mail: klepa1967@rambler.ru; esa81@mail.ru; e.a.luneva97@mail.ru

Abstract. Natural radiation makes the greatest contribution to the total radiation dose of the population. From natural sources of irradiation, the share of radon coming from the bowels of the Earth accounts for from 40 to 90%, depending on the totality of geological and geophysical signs of the risk of its natural emanation – specific types of ground rocks, climate, seismic activity of the territory, discontinuous disturbances forming radon outlets on the Earth's surface. The spatio-temporal analysis of the radon effect on the cancer incidence of the population of the cities of the Voronezh Region requires the processing of large geodata arrays, which makes it necessary to use geoinformation technologies to obtain representative results. The aim of the study was a geoinformation assessment of the likely influence of natural radon

emanation on the incidence of lung cancer in the Voronezh region population. The objects of the study were the concentration of radon in the air and the incidence of lung cancer in the population. Comparison of the data on morbidity and the values of the equivalent equilibrium volume activity of radon isotopes in the air of residential buildings, including using the correlation analysis algorithm, showed the absence of a statistically significant relationship. This result may be associated with the dominance of other causes in the etiology of lung cancer and relatively low values of the equivalent equilibrium volume activity of radon isotopes in the air of residential buildings that comply with radiation safety standards.

Keywords: radon, incidence, lung cancer, geoinformation systems, Voronezh oblast

Acknowledgements: The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 20-17-00172-P, <https://rscf.ru/project/20-17-00172/>

For citation: Klepikov O.V., Yeprintsev S.A., Luneva E.A., Shekoyan S.V. 2023. Geoinformation Assessment Probable Effect of Natural Radon Emanation on the Incidence of Lung Cancer. *Regional Geosystems*, 47(2): 306–315. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-306-315

Введение

В настоящее время природное излучение вносит наибольший вклад в суммарную дозу облучения населения. Из природных источников облучения на долю радона, поступающего из недр Земли, приходится от 40 до 90 % в зависимости от совокупности геологических и геофизических признаков риска его естественной эманации – конкретных типов грунтовых пород, климата, сейсмической активности территории, разрывных нарушений, формирующих выходы радона на земную поверхность [Al-Khateeb et al., 2017; Стёпкин и др., 2018; Тайиров и др., 2019; Абрамов, 2020; Карпин, 2020; Карпин и др., 2020; Автушко и др., 2021].

При этом радон является вторым по значимости фактором риска развития рака легкого после курения [Ababii, 2021; Жуковский и др., 2021], особенно если население проживает вблизи разработки месторождений полезных ископаемых [Котов и др., 2020; Петоян и др., 2022] или его воздействие на организм связано с производственной деятельностью человека – работой в шахтах при добыче полезных ископаемых, строительством туннелей [Лешуков и др., 2020; Стась и др., 2020].

Кроме того, существует проблема накопления радона в замкнутом пространстве, в том числе жилых помещениях, это зависит не только от факторов геолого-географической среды, но и применяемых в строительстве материалов и конструктивных особенностей зданий [Finne et al., 2019; Жук и др., 2021; Жуковский и др., 2022]. Поступление радона в помещение из грунта под зданием может происходить диффузным и конвективным путем, но 90 % его объема сосредотачивается в помещениях нижнего этажа за счет поступления из грунта в основании здания [Калайдо и др. 2021; Подымов, Подымова, 2022; Глазичев, 2023].

Пространственно-временной анализ влияния радона на заболеваемость раком населения городов Воронежской области требует обработки большого объема геоданных, что делает необходимым использование геоинформационных технологий для получения репрезентативных результатов [Епринцев, Шекоян, 2019]

За рубежом и в России проводятся многочисленные исследования радоновой проблемы, результаты которых говорят о необходимости постоянного контроля этого канцерогенного фактора, создана и развивается система нормирования и мониторинга радона в воздухе рабочей зоны и жилых помещений, проводятся обязательные радиологические исследования территории перед застройкой.

Исследования по оценке влияния радона на население, а также данные Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации (НКДАР) показывают, что ежегодно в мире не менее 10 % регистрируемых заболеваний раком легких вызваны радоновой радиацией [Афанасьева, Бурлакова, 2020].



Изучение проблемы радона включено в радиоэкологические программы США [Meуer, 2019; Калайдо и др., 2022], Западной Европы и России [Ярошевич и др., 2013; Ту-манов, Говор, 2021].

Методические подходы к региональной геоэкологической оценке радоновых рисков для населения включают изучение онкологической заболеваемости населения и имеющихся данных о воздействии радона, в том числе с использованием ГИС-технологий [Межова и др., 2022]. При этом фактические данные о воздействии радона сопоставляются с основными нормируемыми характеристиками для оценки радонового фактора – эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) изотопов радона и средней эффективной годовой дозой облучения человека за счет ингаляции изотопов радона, присутствующего в воздухе [Романович и др., 2019].

Целью исследования являлась оценка вероятного влияния естественной эманации радона на уровень заболеваемости населения Воронежской области раком легкого.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись концентрация радона в воздушной среде и заболеваемость населения раком легкого.

Исследование выполнено на базе радиологической лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области». Для измерения ЭРОА изотопов радона использовалась установка спектрометрическая МКС-01А «МУЛЬТИРАД», измерения и обработка результатов проводились в соответствии с «Методикой измерений средней за время экспозиции объемной активности радона в воздухе жилых и служебных помещений НТЦ «НИТОН», 1993».

В качестве инструмента геоинформационного анализа выступила авторская ГИС «Экологическая безопасность городов Центральной России» [Епринцев и др., 2020]. Созданные ГИС-карты обеспечивают точную пространственную привязку, обобщение и систематизацию полученных данных, отбор, анализ репрезентативности и адаптацию всей поступающей информации с её последующим хранением (единое адресное пространство); наглядность и достоверность информации для принятия решений по адекватной управленческой формуле; анализ динамических характеристик исследуемых процессов и явлений [Епринцев и др., 2020].

Оценка содержания радона и радиоактивных продуктов его распада в жилых зданиях проведена за период 2017–2023 годы: всего 20715 исследований, в том числе 2017 г. – 3820, 2018 г. – 3429, 2019 г. – 3247 г., 2020 г. – 3071, 2021 г. – 3046; 2022 г. – 3245, 2023 г. (январь – апрель) – 857 исследований. Измерения показателей радона проведены в 178 деревянных домах, 520 каменных одноэтажных и 1638 каменных многоэтажных. Большинство домов обследовалось в городском округе город Воронеж – каменных одноэтажных – 198, каменных многоэтажных – 925.

Для оценки влияния радона на население использованы показатели эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) изотопов радона в жилых зданиях ($\text{Бк}/\text{м}^3$) и средние эффективные годовые дозы облучения населения за счет ингаляции изотопов радона, присутствующего в воздухе жилых помещений ($\text{мЗв}/\text{год}$).

Заболеваемость населения раком легкого (женщины и мужчины) анализировалась по данным статистической формы № 7 «Сведения о злокачественных новообразованиях» за 2017–2022 г. (число зарегистрированных случаев на 100 тысяч населения) в разрезе 32 административных районов Воронежской области и городскому округу город Воронеж. Гендерный подход оценки заболеваемости связан с имеющимися статистическими различиями уровней заболеваемости раком легкого среди мужчин и женщин. По Воронежской области средний многолетний уровень (СМУ) заболеваемости мужчин – $77,89 \pm 3,62$ случаев на

100 тыс., женщин – $15,95 \pm 0,55$ случаев на 100 тыс. (различия показателей статистически достоверны при $p < 0,05$). Для ранжирования показателей заболеваемости населения построены трехуровневые оценочные шкалы (высокий, средний, низкий уровни), исходя из расчета СМУ и его среднего квадратического отклонения.

Для количественной оценки корреляции, т. е. связи между двумя анализируемыми показателями (уровнем заболеваемости и средними эффективными годовыми дозами облучения населения за счет ингаляции изотопов радона), использован коэффициент парной корреляции (r). Для вывода о наличии или отсутствии статистически значимой корреляционной связи между исследуемыми показателями использован критерий Стьюдента при вероятности статистической ошибки менее 5 % ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение

По результатам оценки ЭРОА изотопов радона в жилых зданиях в целом по Воронежской области установлено, что в деревянных домах среднее значение ЭРОА составило $23,0 \pm 1,2$ Бк/м³, в одноэтажных каменных – $22,9 \pm 0,7$ Бк/м³, в многоэтажных каменных – $24,2 \pm 0,7$ Бк/м³. Максимальные значения ЭРОА изотопов радона за период исследований на территории Воронежской области были отмечены в деревянном доме Эртильского района в 2017 году – $69,3$ Бк/м³, в каменном одноэтажном доме Нижнедевицкого района в 2017 году – $48,1$ Бк/м³, в каменном многоэтажном доме Таловского района в 2017 году – $70,0$ Бк/м³.

Средние эффективные годовые дозы облучения населения за счет присутствия радона в жилых помещениях по результатам исследований в разрезе административных единиц Воронежской области варьируют в 2017 году – от 0,82 до 4,46 мЗв, в 2018 году – от 0,81 до 3,25 мЗв, в 2019 году – от 0,83 до 3,06 мЗв, в 2020 году – от 0,86 до 2,63 мЗв, в 2021 году – от 0,77 до 2,34 мЗв, 2022 году – от 0,89 до 2,59 мЗв, 2023 году – от 0,77 до 2,21 (за январь – апрель).

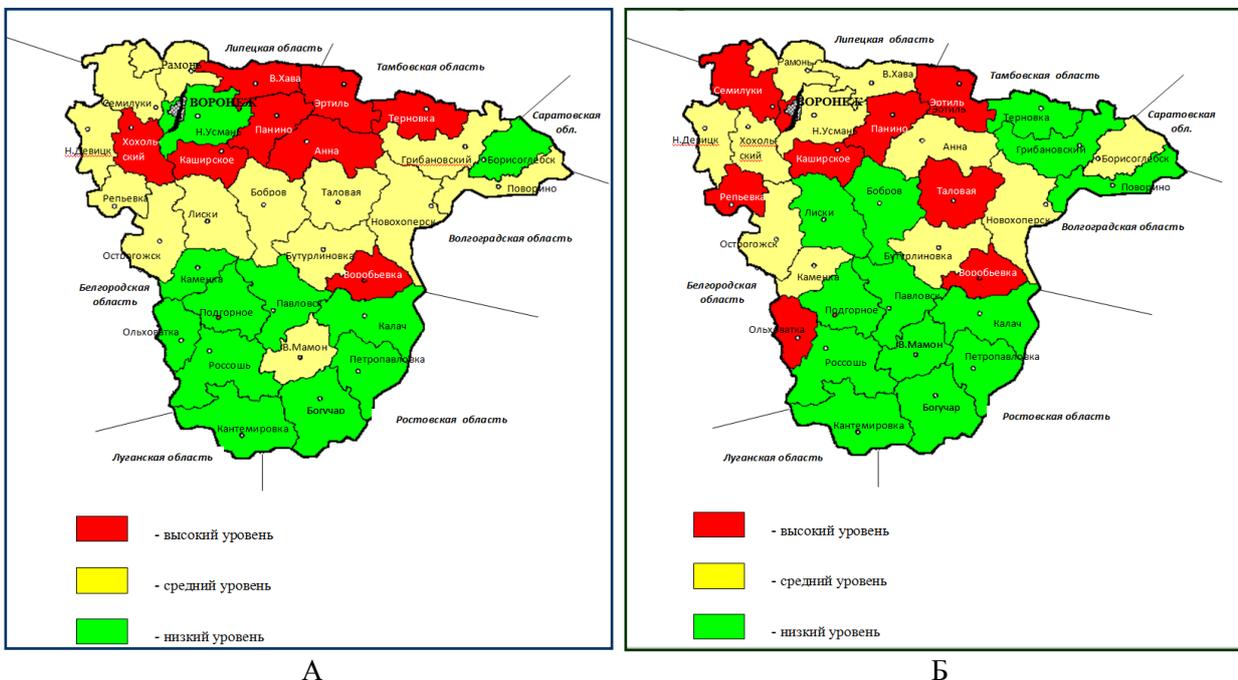


Рис. 1. Ранжирование административных территорий по уровню заболеваемости населения раком трахеи, бронхов, легкого (СМУ числа случаев на 100 тыс. населения за 2017–2022 гг.).

А – мужское население; Б – женское население

Fig. 1. Ranking of administrative territories by the level of morbidity of the population with cancer of the trachea, bronchi, lung (The average long-term level of the number of cases per 100 thousand population for 2017–2022). A – Male population; B – Female population



По результатам ранжирования территорий Воронежской области установлено, что высокий уровень заболеваемости мужчин раком трахеи, бронхов, легкого СМУ ($M \pm m$) отмечается в 8 районах (Аннинском, Верхнехавском, Воробьевском, Каширском, Панинском, Терновском, Хохольском и Эртильском): СМУ ($M \pm m$) заболеваемости на данных территориях варьирует от $113,40 \pm 26,22$ до $152,09 \pm 19,58$ случаев заболеваний на 100 тыс. мужского населения (рис. 1).

Аналогичное ранжирование показателей СМУ заболеваемости женщин раком трахеи, бронхов, легкого позволило отнести к неблагоприятным 9 административных единиц из 33 (Воробьевский район, г. Воронеж, Каширского, Ольховатский, Панинский, Репьевский, Семилукский, Таловский, Эртильский районы): СМУ ($M \pm m$) заболеваемости на данных территориях варьирует от $18,38 \pm 8,95$ до $26,26 \pm 6,91$ случаев заболеваний на 100 тыс. женского населения.

По результатам корреляционного анализа в территориальном разрезе статистически значимой связи уровней заболеваемости раком легкого с показателями годовых эффективных доз за счет ингаляции изотопов радона не выявлено (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Коэффициенты парной корреляции между показателем годовой эффективной дозы радона и заболеваемостью раком легких (проанализирован массив данных за 2017–2022 гг. по административным территориям)
Coefficients of paired correlation between the indicator of the annual effective dose of radon and the incidence of lung cancer (an array of data for 2017–2022 by administrative territories was analyzed)

Вид корреляционного анализа	Коэффициенты парной корреляции*	
	с заболеваемостью женщин	с заболеваемостью мужчин
Без смещения данных	0,14	0,06
смещение на 1 год (запаздывание случаев заболеваний)	0,07	0,04
смещение на 2 года (запаздывание случаев заболеваний)	0,00...	0,02

* Коэффициенты парной корреляции статистически незначимы при вероятности статистической ошибки менее 5 %.

Это подтверждается результатами ранжирования средних многолетних показателей по территориям – средних эффективных годовых доз облучения населения за счет присутствия радона в жилых помещениях и среднего многолетнего уровня заболеваемости населения раком легкого (табл. 2).

Так, совпадения средних эффективных годовых доз облучения населения за счет присутствия радона в жилых помещениях и среднего многолетнего уровня заболеваемости населения раком легкого для территорий риска с высоким уровнем онкологической заболеваемости отмечены только для Эртильского района по заболеваемости мужчин ($152,09 \pm 19,58$ случаев на 100 тыс.) при дозе радона $3,06 \pm 0,45$ мЗв/год.

Для территорий с низким риском совпадение отмечено для Терновского муниципального района по заболеваемости женщин ($10,05 \pm 6,37$ случаев на 100 тыс.) при дозе радона $1,09 \pm 0,08$ мЗв/год и для Борисоглебского муниципального района по заболеваемости мужчин ($59,14 \pm 7,02$ на 100 тыс.) при дозе радона $0,95 \pm 0,04$ мЗв/год.

Таблица 2
Table 2

Сопоставление средних эффективных годовых доз облучения населения за счет присутствия радона в жилых помещениях и среднего многолетнего уровня заболеваемости населения раком легкого
Comparison of the average effective annual doses of radiation to the population due to the presence of radon in residential premises and the average long-term incidence of lung cancer in the population

Район	Доза, мЗв/год (M±m)	Район	Заболеваемость, СМУ (жен.), число случаев на 100 тыс. (M ± m)	Район	Заболеваемость, СМУ (муж.), число случаев на 100 тыс. (M ± m)
Территории риска (с наибольшими показателями)					
Эртильский*	3,06 ± 0,45	Репьёвский	26,26 ± 6,91	Эртильский*	152,09 ± 19,58
Бутурлиновский	2,72 ± 0,27	Каширский	25,81 ± 6,93	Воробьевский	141,16 ± 11,16
г. Воронеж	2,70 ± 0,05	Воробьевский	24,21 ± 10,14	Верхнехавский	139,93 ± 15,41
Нижедевицкий	2,45 ± 0,30	Панинский	20,92 ± 4,24	Каширский	132,02 ± 23,48
Хохольский	2,43 ± 0,33	Ольховатский	19,98 ± 7,29	Панинский	127,57 ± 12,10
Наиболее благополучные территории (с минимальными показателями)					
Герновский*	1,09 ± 0,08	Петропавловский	10,87 ± 5,84	Каменский	63,23 ± 14,06
Новохоперский	1,04 ± 0,05	Богучарский	10,27 ± 3,62	Павловский	62,00 ± 8,78
Россошанский	0,97 ± 0,03	Герновский*	10,05 ± 6,37	Богучарский	61,57 ± 11,86
Борисоглебский	0,95 ± 0,04	Поворинский	8,15 ± 1,42	Борисоглебский*	59,14 ± 7,02
Грибановский	0,89 ± 0,05	Кантемировский	5,54 ± 1,72	Калачеевский	52,20 ± 8,38

* отмечены совпадения.

Заключение

Таким образом, по результатам исследования статистически значимой связи между показателями заболеваемости населения Воронежской области раком легкого и годовой эффективной дозой за счет ингаляции изотопов радона не выявлено. Такой результат может быть связан с тем, что ионизирующее излучение (основной оцениваемый показатель – среднегодовое значение эквивалентной равновесной объемной активности изотопов радона [ЭРОА] в воздухе помещений жилых домов) и его годовая эффективная доза за счет ингаляции изотопов радона находятся на низком уровне и не превышают нормы радиационной безопасности для населения.

Обобщая материалы исследования по оценке влияния радона, как канцерогенного фактора среды обитания, на заболеваемость раком легкого можно говорить, что его роль в формировании уровня изучаемой заболеваемости не является ведущей. Следовательно, причиной рака легкого являются другие наиболее значимые факторы риска.

Список литературы

- Абрамов В.Е. 2020. Закономерности накопления радона в помещениях зданий и сооружений. Строительные материалы, 6: 65–68. DOI: 10.31659/0585-430X-2020-781-6-65-68
- Автушко М.И., Матвеев А.В., Исаченко С.А. 2021. Новые данные о поступлении радона в среду обитания человека. Доклады Национальной академии наук Беларуси, 65(3): 355–360. DOI: 10.29235/1561-8323-2021-65-3-355-360
- Афанасьева А.Е., Бурлакова Ю.Р. 2020. Влияние радона на заболевания населения. Бюллетень Северного государственного медицинского университета, 2(45): 11–12.
- Глазачев И.В. 2023. Оценка механизмов поступления радона в здания. Проблемы недропользования, 1(36): 113–118. DOI: 10.25635/2313-1586.2023.01.113



- Епринцев С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В. 2020. Дистанционное зондирование Земли как способ оценки качества окружающей среды урбанизированных территорий. Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО, 4(325): 5–12. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-5-12
- Епринцев С.А., Шекоян С.В. 2019. Геоинформационное картографирование урбанизированных территорий как механизм социально-экологического мониторинга. Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг, 4: 25–28. DOI: 10.23885/2500-123X-2019-2-4-25-28
- Жук И.В., Лукашевич Ж.А., Лисянович Т.В., Василевский Л.Л., Хакимов Д.А., Сосновский А.В. 2021. Исследование уровней содержания радона в воздухе зданий на территории некоторых административных районов Витебской области. Журнал Белорусского государственного университета. Экология, 2: 61–66. DOI: 10.46646/2521-683X/2021-2-61-66
- Жуковский М.В., Ярмошенко И.В., Онищенко А.Д., Малиновский Г.П. 2021. Прогностическая оценка риска рака легкого при сочетанном действии радона и курения с использованием аддитивно-мультипликативной модели риска. Радиационная гигиена, 14(3): 41–55. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-41-55
- Жуковский М.В., Ярмошенко И.В., Онищенко А.Д., Малиновский Г.П., Васильев А.В., Назаров Е.И. 2022. Оценка уровней содержания радона в многоэтажных зданиях на примере восьми крупных городов России. Радиационная гигиена, 15(1): 47–58. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-1-47-58
- Калайдо А.В., Римшин В.И., Семенова М.Н. 2021. Оценка вкладов диффузионного и конвективного поступления радона в здания. Жилищное строительство, 7: 48–54. DOI: 10.31659/0044-4472-2021-7-48-53
- Калайдо А.В., Римшин В.И., Семенова М.Н., Быков Г.С. 2022. Анализ зарубежного опыта обеспечения радоновой безопасности эксплуатируемых зданий (на примере США). Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки, 4(10): 54–58.
- Карпин В.А. 2020. Современные экологические аспекты естественной эманации изотопов радона: обзор литературы. Экология человека, 6: 34–40. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-6-34-40
- Карпин В.А., Гудков А.Б., Шувалова О.И., Попова О.Н. 2020. Геологическая неоднородность земной коры как фактор повышенного риска онкологической заболеваемости населения. Экология человека, 8: 15–19. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-8-15-19
- Котов В.С., Ермаченко А.Б., Садеков Д.Р. 2020. Радон-индуцированный канцерогенный риск для населения города Донецка. Вестник гигиены и эпидемиологии, 24(3): 315–317.
- Лешуков Т.В., Легощин К.В., Ларионов А.В. 2020. Пространственная изменчивость плотности потока радона на территориях подземной добычи угля. Успехи современного естествознания, 4: 93–97. DOI: 10.17513/use.37368
- Межова Л.А., Луговской А.М., Инпушкин В.А. 2022. Методические подходы к региональной геоэкологической оценке радоновых рисков для населения. Геология, география и глобальная энергия, 2(85): 85–91. DOI: 10.54398/20776322_2022_2_85
- Петоян И.М., Шандала Н.К., Титов А.В., Зиновьева Н.В. 2022. Заболеваемость взрослого населения, проживающего в районе "уранового наследия" в условиях воздействия радона. Гигиена и санитария, 101(3): 281–287. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-3-281-287
- Подымов И.С., Подымова Т.М. 2022. Результаты мониторинга вариаций радона внутри помещения панельного здания. Инновационные научные исследования, 6–2(20): 43–50.
- Романович И.К., Кормановская Т.А., Кононенко Д.В. 2019. К обоснованию изменений в нормировании содержания радона в воздухе помещений. Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО, 6(315): 42–48. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-315-6-42-48
- Стась Г.В., Голик В.И., Ковалев Р.А., Апете Г.Л. 2020. Выделения радона в атмосферу строящихся тоннелей. Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 5: 224–232.
- Стёпкин Ю.И., Кузмичев М.К., Клепиков О.В., Студеникина Е.М. 2018. Гигиеническая оценка доз облучения населения Воронежской области за счет естественного и техногенно измененного фона. Радиационная гигиена, 11(2): 74–82. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-74-82
- Тайиров М.М., Мамытбеков У.К., Кошуев А.Ж. 2019. Мониторинг и оценка влияния радонового фактора на здоровье людей, проживающих в проблемных районах Юга Кыргызстана. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 10: 8–14. DOI: 10.26104/NNTIK.2019.45.557

- Туманов А.Ю., Говор М.В. 2021. Сравнительный анализ методов и средств измерения радона в воздухе в России и Европейских странах. В кн.: Метрологическое обеспечение инновационных технологий. Материалы III Международного форума в рамках празднования 80-летия Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, 300-летия Российской академии наук, Санкт-Петербург, 04 марта 2021. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения: 349–350.
- Ярошевич О.И., Карабанов А.К., Конопелько М.В. 2013. Исследования по проблемам радона в Беларуси и других странах Европы. Вестник ФФИ, 4: 101–117.
- Ababii A. 2021. Riscul Pentru Sănătate Al Expunerii la Radon Health Risk of Radon Exposure. One Health and Risk Management, 2(4): 35–44. DOI: 10.38045/ohrm.2021.4.03
- Al-Khateeb H.M., Nuseirat M., Aljarrah K., Al-Akhras M.H., Bani-Salameh H. 2017. Seasonal Variation of Indoor Radon Concentration in a Desert Climate. Applied Radiation and Isotopes, 130: 49–53. DOI: 10.1016/j.apradiso.2017.08.017
- Finne I.E., Kolstad T., Larsson M., Olsen B., Prendergast J., Rudjord A.L. 2019. Significant Reduction in Indoor Radon in Newly Built Houses. Journal of Environmental Radioactivity, 196: 259–263. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2018.01.013
- Meyer W. 2019. Impact of constructional energy saving measures on radon levels indoors. Indoor Air, 29(4): 680–685. DOI: 10.1111/ina.12553

References

- Abramov V.E. 2020. Regularities of Radon Accumulation in Premises of Buildings and Structures. Construction Materials, 6: 65–68 (in Russian). DOI: 10.31659/0585-430X-2020-781-6-65-68
- Autushka M.I., Matveyev A.V., Isachenko S.A. 2021. Recent Data on Radon Entry Into the Human Environment. Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus, 65(3): 355–360 (in Russian). DOI: 10.29235/1561-8323-2021-65-3-355-360
- Afanasyeva A.E., Burlakova Y.R. 2020. Vliyanie radona na zabolevaniya naseleniya [The Influence of Radon on Diseases of the Population]. Byulleten Severnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta, 2(45): 11–12.
- Glazachev I.V. 2023. Assessment of Mechanisms of Radon Intake in Buildings. Problems of Subsoil Use, 1(36): 113–118 (in Russian). DOI: 10.25635/2313-1586.2023.01.113
- Yeprintsev S.A., Klepikov O.V., Shekoyan S.V. 2020. Remote Sensing of the Earth as a Method of Assessing Environmental Quality of Urban Areas. Public Health and Life Environment – PH&LE, 4(325): 5–12 (in Russian). DOI: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-5-12
- Yeprintsev S.A., Shekoyan S.V. 2019. Geoinformation Mapping of Urbanized Territories as a Mechanism of Social and Ecological Monitoring. Ecology. Economy. Computer science. Series: Geoinformation technologies and space monitoring, 4: 25–28 (in Russian). DOI: 10.23885/2500-123X-2019-2-4-25-28
- Zhuk I.V., Lukashevich Zh.A., Lisyanchikov T.V., Vasilevsky L.L., Hakimov D.A., Sosnovsky A.V. 2021. Study of Radon Content in the Air of Premises on the Territory of Some Administrative Districts in the Vitebsk Region. Journal of the Belarusian State University. Ecology, 2: 61–66 (in Russian). DOI: 10.46646/2521-683X/2021-2-61-66
- Zhukovsky M.V., Yarmoshenko I.V., Onishchenko A.D., Malinovsky G.P. 2021. Prognostic Assessment of Lung Cancer Risk Under Combined Action of Radon and Smoking Using an Additive-Multiplicative Risk Model. Radiation Hygiene, 14(3): 41–55 (in Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-41-55
- Zhukovsky M.V., Yarmoshenko I.V., Onishchenko A.D., Malinovsky G.P., Vasiliev A.V., Nazarov E.I. 2022. Assessment of Radon Levels in Multistory Buildings on Example of Eight Russian Cities. Radiation Hygiene, 15(1): 47–58 (in Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-1-47-58
- Kalaydo A.V., Rimshin V.I., Semenova M.N. 2021. Assessment of the Contributions of Diffusive and Convective Radon Entry into the Buildings. Housing Construction, 7: 48–54 (in Russian). DOI: 10.31659/0044-4472-2021-7-48-53
- Kalaydo A.V., Rimshin V.I., Semenova M.N., Bykov G.S. 2022. Analysis of Foreign Experience in Ensuring Radon Safety of Operated Buildings (on the Example of the United States of America). Bulletin of Vologda State University. Series: Technical Sciences, 4(10): 54–58 (in Russian).



- Karpin V.A. 2020. Modern Environmental Aspects of Radon Isotopes Natural Emanation: a Literature Review. *Human Ecology*, 6: 34–40 (in Russian). DOI: 10.33396/1728-0869-2020-6-34-40
- Karpin V.A., Gudkov A.B., Shuvalova O.I., Popova O.N. 2020. Geological Heterogeneity of the Earth Crust as a Risk Factor for Cancer. *Human Ecology*, 8: 15–19 (in Russian). DOI: 10.33396/1728-0869-2020-8-15-19
- Kotov V.S., Ermachenko A.B., Sadekov D.R. 2020. Radon-Induced Carcinogenic Risk for the Population of the Donetsk City. *Bulletin of Hygiene and Epidemiology*, 24(3): 315–317 (in Russian).
- Leshukov T.V., Legoshchin K.V., Larionov A.V. 2020. Geographic Variation in Radon Flux Density in Territory Underground Mines. *Advances in current natural sciences*, 4: 93–97 (in Russian). DOI: 10.17513/use.37368
- Mezhova L.A., Lugovskoy A.M., Inpushkin V.A. 2022. Methodological Approaches to the Regional Geo-Ecological Assessment of Radon Risks for the Population. *Geology, geography and global energy*, 2(85): 85–91 (in Russian).
- Petoyan I.M., Shandala N.K., Titov A.V., Zinovieva N.V. 2022. The Incidence of the Adult Population Living in the "Uranium Legacy" Area in Conditions of Radon Exposure. *Hygiene and Sanitation*, 101(3): 281–287 (in Russian). DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-3-281-287
- Podymov I.S., Podymova T.M. 2022. Results of Monitoring Radon Variations Inside a Panel Building. *Innovative Scientific Research*, 6–2(20): 43–50 (in Russian).
- Romanovich I.K., Kormanovskaya T.A., Kononenko D.V. 2019. On Justification of Changes in the Radon Content Rationing in Indoor Air. *Population Health and Habitat – ZnSO*, 6(315): 42–48 (in Russian). DOI: 10.35627/2219-5238/2019-315-6-42-48
- Stas G.V., Golik V.I., Kovalev R.A., Apete G.L. 2020. Emission of Radon in the a Tmosphere of Building Tunnels. *Proceedings of Tula State University. Technical Sciences*, 5: 224–232 (in Russian).
- Stepkin Yu.I., Kuzmichev M.K., Klepikov O.V., Studenikina E.M. 2018. Hygienic Evaluation of Exposure Doses for the Voronezh Region Population Nously Modified Background. *Radiation Hygiene*, 11(2): 74–82 (in Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-74-82
- Taiirov M.M., Mamytbekov U.K., Koshuev A.Zh. 2019. Monitoring and Evaluation of Radon Impact Impact on the Health of People Living in Problem Areas of Southern Kyrgyzstan. *Science, New Technologies and Innovations of Kyrgyzstan*, 10: 8–14 (in Russian). DOI: 10.26104/NNTIK.2019.45.557
- Tumanov A.Yu., Govor M.V. 2021. Comparative Analysis of Radon Measurements in the Air in Russia and European Countries. In: *Metrological Support of Innovative Technologies. Materials from the III International Forum in celebration of the 80th anniversary of the St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, 04 March 2021. St. Petersburg, Publ. Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet aerokosmicheskogo priborostroyeniya: 349–350 (in Russian).*
- Yaroshevich O.I., Karabanov A.K., Konopelko M.V. 2013. Research on Radon Problems in Belarus and Other European Countries. *Bulletin of the FFI*, 4: 101–117 (in Russian).
- Ababii A. 2021. Riscul Pentru Sănătate Al Expunerii la Radon Health Risk of Radon Exposure. *One Health and Risk Management*, 2(4): 35–44. DOI: 10.38045/ohrm.2021.4.03
- Al-Khateeb H.M., Nuseirat M., Aljarrah K., Al-Akhras M.H., Bani-Salameh H. 2017. Seasonal Variation of Indoor Radon Concentration in a Desert Climate. *Applied Radiation and Isotopes*, 130: 49–53. DOI: 10.1016/j.apradiso.2017.08.017
- Finne I.E., Kolstad T., Larsson M., Olsen B., Prendergast J., Rudjord A.L. 2019. Significant Reduction in Indoor Radon in Newly Built Houses. *Journal of Environmental Radioactivity*, 196: 259–263. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2018.01.013
- Meyer W. 2019. Impact of constructional energy saving measures on radon levels indoors. *Indoor Air*, 29(4): 680–685. DOI: 10.1111/ina.12553

*Поступила в редакцию 17.05.2023;
поступила после рецензирования 25.05.2023;
принята к публикации 07.06.2023*

*Received May 17, 2023;
Revised May 25, 2023;
Accepted June 07, 2023*

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

Клепиков Олег Владимирович, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Епринцев Сергей Александрович, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Лунёва Елена Анатольевна, ассистент кафедры фармакологии, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, г. Воронеж, Россия

Шекоян Сюзанна Вазгеновна, кандидат технических наук, научный сотрудник кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Oleg V. Klepikov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring of Voronezh State University, Voronezh, Russia

Sergey A. Yepintsev, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Elena A. Luneva, Assistant of the Department of Pharmacology of the Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russia

Syuzanna V. Shekoyan, Candidate of Technical Sciences, Researcher of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia



УДК 631.484: 574.42: 58.009: 608.3
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-316-326

Технология ренатурирования техногенно нарушенных геосистем на примере меловых карьерно-отвальных геоконплексов

Мануйлов А.А., Голесов П.В.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: infa152@yandex.ru

Аннотация. Распространение посттехногенных ландшафтов с неблагоприятными субстратными свойствами определяет необходимость разработки технологий их ускоренного ренатурирования. В работе рассматривается опыт применения ренатурационных смесей на отвалах мело-мергельных пород в условиях лесостепной зоны. В результате проведенных экспериментов доказана эффективность применения органоминеральных комплексов, состоящих из органических наполнителей на основе минеральной матрицы. Представлены результаты использования различных органических наполнителей органоминеральной смеси и показана эффективность применяемого подхода в сравнении с использованием жидких стимуляторов роста растений и почвообразования на техногенно нарушенных землях. Приводится описание проведенных экспериментов и методики использования ренатурационных смесей для стимулирования естественного зарастания и почвообразования. В результате проведенных экспериментальных исследований было выявлено, что методика ренатурирования посттехногенных карьерно-отвальных геоконплексов является экологически эффективным методом возврата нарушенных земель в естественный биологический круговорот. Ее экономическая эффективность определяется возможностью использования малогумусированных потенциально плодородных субстратов и различных органических отходов, одновременно с их утилизацией.

Ключевые слова: стимулирование зарастания и почвообразования, рекультивация, ренатурация, кальцефитные фитоценозы, карьерно-отвальные геоконплексы, нарушенные земли, карболитоземы, новообразованные почвы

Для цитирования: Мануйлов А.А., Голесов П.В. 2023. Технология ренатурирования техногенно нарушенных геосистем на примере меловых карьерно-отвальных геоконплексов. Региональные геосистемы, 47(2): 316–326. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-316-326

Technology of Renaturing Technogenically Disturbed Geosystems on the Example of Chalk Quarry-Dump Geocomplexes

Andrey A. Manuylov, Pavel V. Goleusov

Belgorod National Research University,
85 Pobeda St, Belgorod 308015, Russia
E-mail: infa152@yandex.ru

Abstract. The work is a generalization of the experience of using renaturation mixtures on the dumps of chalk-marl rocks in the conditions of the forest-steppe zone. As a result of the conducted experiments, the effectiveness of the use of organic-mineral complexes consisting of organic fillers based on a mineral matrix has been proven. The results of the use of various organic fillers of an organic-mineral mixture are also presented and the effectiveness of the applied approach is shown in comparison with the use of liquid stimulators of plant growth and soil formation on technogenically disturbed lands. The article describes the experiments carried out and presents a methodology for using renaturation mixtures to stimulate natural

overgrowth and soil formation. As a result of the conducted experimental field studies, it was revealed that the method of renaturing post-technogenic quarry-dump geocomplexes is an environmentally effective method of returning disturbed lands to the natural biological cycle. Its economic efficiency is determined by the possibility of using low-enriched potentially fertile substrates and various organic waste, simultaneously with their disposal.

Keywords: stimulation of overgrowth and soil formation, recultivation, renaturation, calcific phytocenoses, quarry-dump geocomplexes, disturbed lands, carbolithozems, newly formed soils

For citation: Manuylov A.A., Goleusov P.V. 2023. Technology of Renaturing Technogenically Disturbed Geosystems on the Example of Chalk Quarry-Dump Geocomplexes. *Regional Geosystems*, 47(2): 316–326. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-316-326

Введение

В соответствии с государственным (национальным) докладом о состоянии и использовании земель от 2021 года можно отметить увеличение количества нарушенных земель вследствие активной разработки полезных ископаемых на территории регионов России [Федеральная служба ..., 2022]. По информации Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии в 2021 году общая площадь нарушенных земель составила 1091,9 тыс. га, продемонстрировав увеличение на 5,9 тыс. га относительно предыдущего года. Самая большая представленная в перечне нарушенных земель категория – нарушенные земли промышленности, которые в общей классификации составляют 41,3 % [Федеральная служба ..., 2022]. При разработке полезных ископаемых характерно формирование особого типа нарушенных земель, а именно – карьерно-отвальных комплексов, которые формируются посредством выборки полезных ископаемых и складированием вскрышных пород в отвалы. Природные ландшафты в этом случае подвержены процессам деградации в результате выхода данных земель из активного биологического круговорота [Реймерс, 1992], а также вследствие неблагоприятных эдафических свойств вскрышных пород, которые препятствуют активному зарастанию и протеканию растительных сукцессий [Галанина, Любимова, 2010].

В соответствии с нормативными актами [Акт правительства, 2018; Закон о недрах, 2019] лица, чья хозяйственная деятельность по освоению недр стала причиной ухудшения качества земель, обязаны проводить рекультивацию. Однако далеко не во всех случаях рекультивация проводится в соответствии с предъявляемыми к ней требованиями, поскольку предполагается её проведение с использованием плодородного слоя почвы, которого зачастую не хватает для того, чтобы создать верхний органогенный горизонт по всей поверхности нарушения [Галанина, Любимова, 2010]. В результате многие техногенно нарушенные геосистемы остаются под самозарастание [Рыбников, Черемухина, 2020], которое затруднено физико-химическими свойствами вскрышных пород [Бадмаева, 2020].

Для уменьшения стоимости проведения рекультивационных работ и улучшения параметров зарастания и почвообразования представляется целесообразным использование различных ферментированных органических отходов промышленности [Зарипов и др., 2020; Miller et al., 2021; Мануйлов, Голеусов, 2022], поскольку таким путём достигается одновременное стимулирование биогеоценоза к возврату в биологический круговорот и утилизация органических отходов, число которых стремительно растёт в России и в мире [Колтышев, Жильникова, 2016; Chen et al., 2020].

Одной из перспективных технологий по стимулированию растительной сукцессии и ускорению почвообразования является ренатурирование посттехногенных геосистем, осуществляемое в соответствии с концепцией ренатурации антропогенно нарушенных геосистем [Голеусов, 2014]. Этот подход позволяет экономически целесообразно и экологически



эффективно проводить возврат нарушенных геосистем к состоянию вещественного и энергетического баланса, что обеспечивает их способность к самовоспроизводству и самоподдержанию – критически важным характеристикам для существования биоценоза в пострекультивационный период.

Целью данной работы явилось изучение влияния органоминеральных комплексов на эдафические характеристики пород и условия зарастания посттехногенных геосистем и апробация технологии ренатурирования для геокомплексов отработанных месторождений мела.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования – это посттехногенные карьерно-отвалы геокомплексы месторождений мела, располагающиеся на территории Белгородской области. Карьеры по добыче мела довольно распространены и специфичны для региона [Дунай и др., 2014]. При этом они отличаются сложностью рекультивации, т. к. слагаются породами, неблагоприятными по физическим и химическим свойствам, медленно зарастающими [Деденко, Андрищенко, 2009]. Во многих случаях они остаются нерекультивированными, хотя могут быть вполне пригодны для реставрации кальцефитных сообществ, в том числе с участием редких охраняемых видов [Голованов, Абрамова, 2018]. Для формирования устойчивых фитоценозов из адаптированных видов достаточно создать минимальный по мощности корнеобитаемый слой с необходимым запасом питательных веществ для запуска сукцессий, биологического круговорота и процесса почвообразования. Для этого возможно использование разных стимулирующих добавок, эффективность которых необходимо проверить экспериментально.

На территориях техногенных нарушений были организованы экспериментальные площадки с использованием различных стимулирующих агентов.

Эксперименты проводились в 4 этапа:

1. Подготовительный этап – включает анализ потенциальных органических компонентов смеси, оценку фонового для нарушенной местности состава фитоценозов и оценку эдафических условий.

2. Технологический этап. Заключается в планировке и расчистке экспериментальной площадки и подготовке её к нанесению ренатурационной смеси. Мероприятия по планировке и расчистке проводятся с целью создания единообразных условий проведения эксперимента. Эксперимент проводился на поверхностях отвалов, в которых уже произошла усадка и кольматация пор и трещин, сформировались инициальные группировки растений. Последние уничтожались, чтобы создать стандартный «0-момент» развития экспериментальной группировки.

3. Биологический этап. Заключался в нанесении стимулирующего агента на подготовленную поверхность в трёх вариациях:

1) участок с потенциально эффективным решением (в исследовании использовались различные вариации ренатурационных смесей);

2) участок с потенциально менее эффективным решением, которое может быть использовано в методиках классической рекультивации;

3) контрольный вариант.

С контрольной площадкой не проводились мероприятия по ренатурированию и она являлась базисом для оценки эффективности применяемых решений по правилу «учёта экологического фона» [Голеусов, 2014].

4. Этап мониторинга процесса протекания экспериментов, который заключался в фиксации результатов зарастания контрольных площадок и субстратно-геохимических трансформаций на реабилитированной поверхности.

Ренатурационная смесь – органоминеральная смесь, состоящая из минерального наполнителя (возможно использование многих потенциально пригодных для биологической рекультивации грунтов), органического компонента, в качестве которого выступают ферментированные органические отходы (могут быть использованы осадки коммунальных сточных вод (ОСВ), ферментированные илы полей фильтрации сточных вод предприятий пищевой промышленности, компостируемые бытовые отходы и т. д.) и сено-семенной смеси фоновых растительных сообществ.

Было заложено 4 экспериментальные площадки по стимулированию зарастания и почвообразования с использованием различных составов ренатурационных смесей.

Экспериментальные площадки располагались на территории карьерно-отвалных геоконплексов мело-мергельных пород ввиду того, что экологическая реабилитация нарушенных земель данного литогенетического типа зачастую является одной из самых трудоёмких ввиду наличия серьёзных лимитирующих факторов зарастания и почвообразования, таких как: плотность, сцементированность, высокое альbedo, бедность субстрата в отношении элементов минерального питания растений и т. д. Следовательно, в случае успешного проведения эксперимента, можно утверждать, что применяемые методы могут быть использованы и на остальных потенциально пригодных для биологической рекультивации субстратах.

Экспериментальные участки на территории карьерно-отвального геоконплекса мело-мергельных пород в с. Безлюдовка Шебекинского р-на Белгородской области.

1. Участок с использованием ренатурационной смеси на основе компостируемых бытовых отходов.

На данном участке в роли стимулятора ренатурации были использованы компостируемые бытовые отходы. Данный выбор был обусловлен большим содержанием органических веществ в составе, что должно положительно сказываться на формировании молодой растительной группировки, пока она находится в стадии активного роста и потребления элементов питания. Так же на данном участке проводилось сравнение эффекта применения выбранной ренатурационной смеси с гуматом калия марки «ЭкоОрганика» в качестве альтернативного жидкого стимулятора роста растений и почвообразования.

2. Участок с использованием ренатурационной смеси на основе осадка коммунальных сточных вод (ОСВ) и лёссовидного суглинка. Выбор данного органического компонента обусловлен нерешённой проблемой массовой утилизации данного отхода, которая связана как с нормативными ограничениями (ГОСТ Р 54534-2011 «Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель»), так и с необходимостью организации постоянного контроля паразитарных свойств. Используемый ОСВ полностью соответствует указанному ГОСТу по содержанию тяжёлых металлов. Нами использовался ОСВ г. Белгорода, компостируемый в течение более 3 лет. В качестве минеральной основы использовался лёссовидный суглинок.

3. Участок с использованием ренатурационной смеси на основе ила полей фильтрации завода лимонной кислоты (ОАО «Цитробел») и лёссовидного суглинка. Выбор данного органического компонента в составе смеси обусловлен тем, что данный отход производства лимонной кислоты содержит в составе большое количество макроэлементов питания растений, что, гипотетически, должно положительно сказываться на процессе растительной сукцессии.

На территории фонового ненарушенного геоконплекса, где проводились эксперименты по стимулированию зарастания и почвообразования, проективное покрытие фоновых растительных сообществ составляет 80 %. Травостой устойчивый, высота 15–20 см. Видовое разнообразие представлено кальцефитными группировками. Вид-доминант растительной сукцессии на отвалах – латук компасный.

Экспериментальные участки находятся на высоте 137 м над уровнем моря на третьей надпойменной террасе реки Северский Донец. Преобладающий тип рельефа – денудационно-холмистый. Общая площадь карьерной выемки около 0,25 га, географические координаты – 50.39' с.ш., 36.76' в.д.

Экспериментальный участок на территории карьерно-отвального геоконплекса мело-мергельных пород в с. Стрелецкое.

На территории месторождения писчего мела в с. Стрелецкое была заложена экспериментальная площадка с использованием ренатурационной смеси на основе лёссовидного суглинка и жидкого навозного стока. Для сравнения эффективности применения органоминеральной смеси с жидким стимулятором, на одну часть площадки была нанесена органоминеральная смесь, а на другую жидкий навозный сток.

Проективное покрытие фоновых кальцефитных сообществ около 70 %. В видовом составе преобладают злаковые виды, что свидетельствует о продолжительном процессе естественного зарастания.

Экспериментальный участок находится на западной окраине города Белгорода, на склоне юго-западной экспозиции. Представляет собой заброшенный карьер по добыче писчего мела общей площадью около 0,8 га. Дно карьера пологое. Географические координаты месторождения: 50° 38,475' с.ш.; 36° 29,645' в.д.

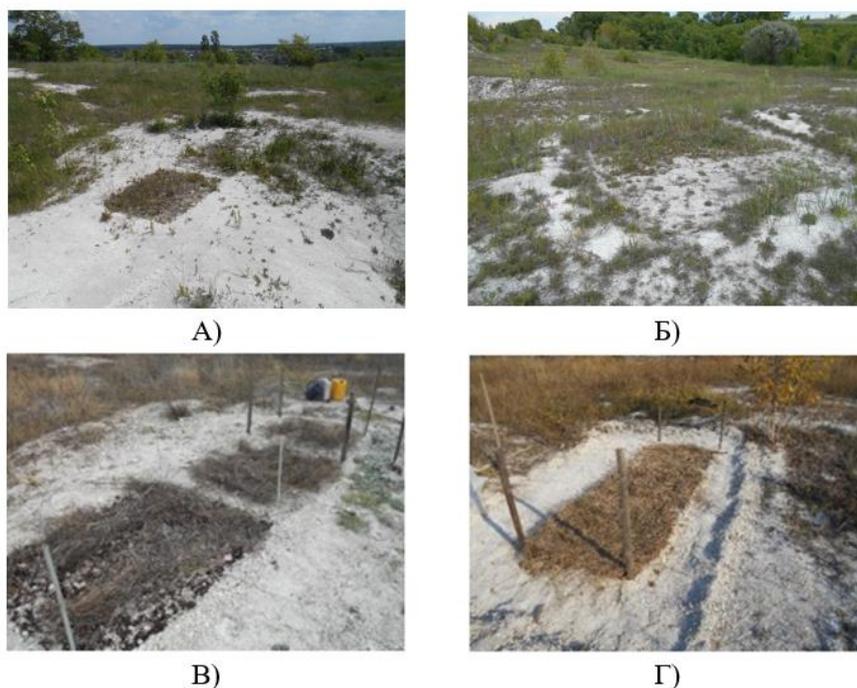


Рис.1. Общий вид экспериментальных площадок

- (А – экспериментальная площадка с применением ренатурационной смеси на основе ОСВ;
Б – экспериментальная площадка с применением ренатурационной смеси на основе жидкого навозного стока;
В – экспериментальная площадка с использованием ренатурационной смеси на основе компостированных бытовых отходов; Г – экспериментальная площадка с использованием ренатурационной смеси на основе ила полей фильтрации)

Fig.1. General view of experimental sites (A – experimental site using a renaturation mixture based on OSV; B – experimental site using a renaturation mixture based on liquid manure runoff; C – experimental site using a renaturation mixture based on composted household waste; D – experimental site using a renaturation mixture based on silt filtration fields)

Результаты и их обсуждение

В течение вегетационного периода на экспериментальных площадках проводились учёт растительности и отбор проб для определения некоторых показателей экспонированных субстратов по общепринятым методикам. Срок экспонирования составил около года для каждого из видов используемых субстратов. Учёт растительности проводили в пик вегетационного периода [Шанцер, 2017], отбор проб почвы – по его завершении. Результаты экспериментов представлены на рис. 2–5.

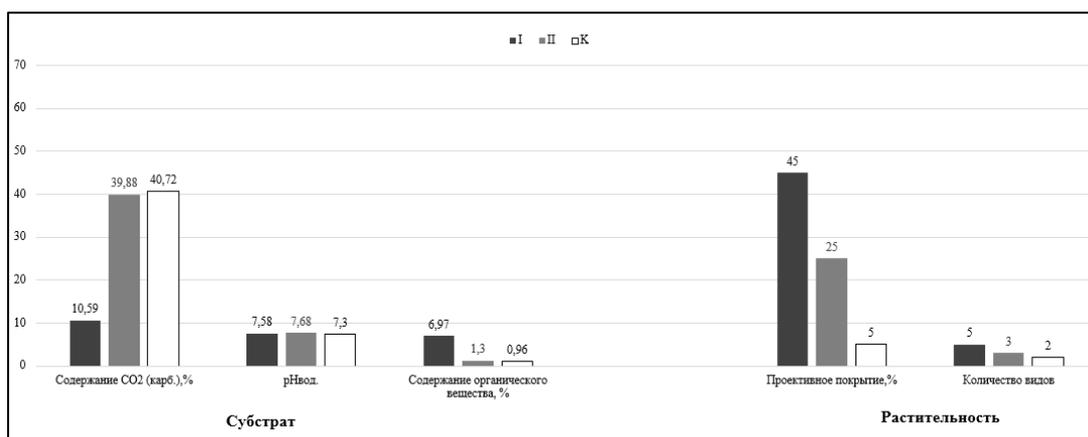


Рис. 2. Изменение эдафических характеристик и оценка зарастания в результате использования ренатурационной смеси на основе компостированных бытовых отходов (I – участок с использованием смеси на основе компостированных бытовых отходов и лёссовидного суглинки; II – участок с использованием гумата калия; K – контрольный участок)
Fig. 2. Change in edaphic characteristics and assessment of overgrowth as a result of using a renaturation mixture based on composted household waste and loess-like loam; II – plot using potassium humate; K – control plot)

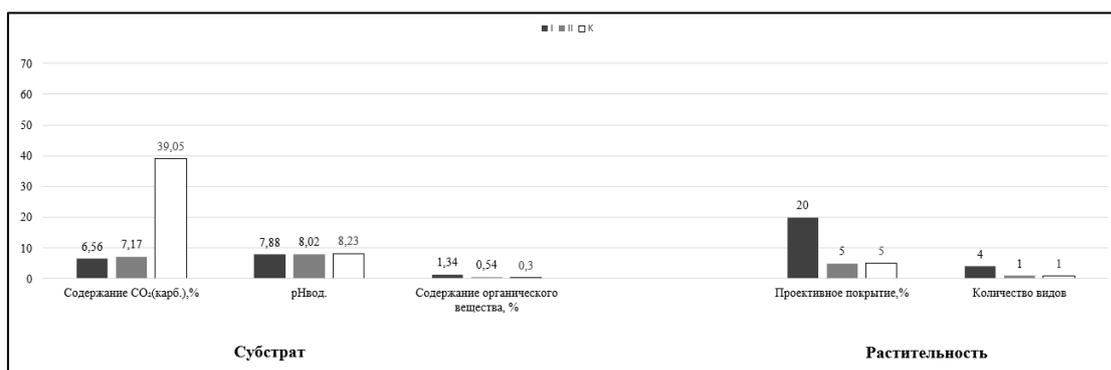


Рис. 3. Изменение эдафических характеристик и оценка зарастания в результате использования ренатурационной смеси на основе коммунального осадка сточных вод (I – участок с использованием ОСВ и лёссовидного суглинки; II – участок с использованием суглинки; K – контрольный участок)
Fig.3. Change of edaphic characteristics and assessment of overgrowth as a result of the use of a renaturation mixture based on municipal sewage sludge (I – plot using OSV and loess-like loam; II – plot using loam; K – control plot)

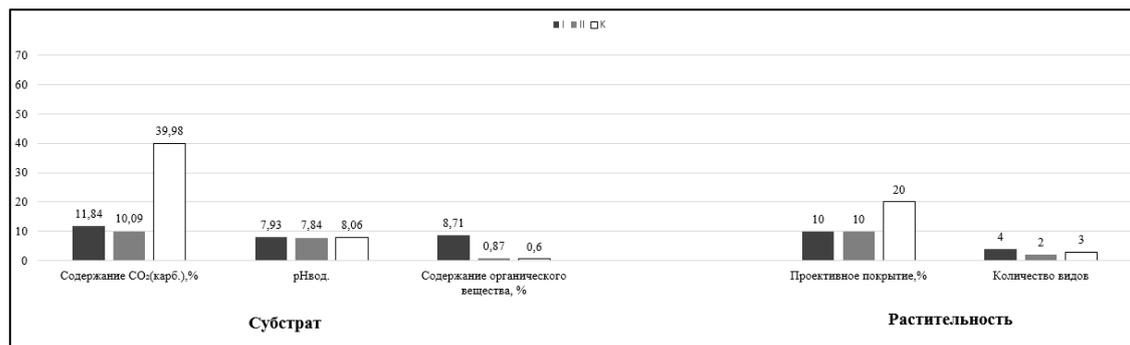


Рис. 4. Изменение эдафических характеристик и оценка зарастания в результате использования ренатурационной смеси на основе ила полей фильтрации производства лимонной кислоты (I – участок с использованием ила полей фильтрации и лёссовидного суглинка; II – участок с использованием лёссовидного суглинка; K – контрольный участок)
 Fig.4. Change of edaphic characteristics and assessment of overgrowth as a result of the use of a renaturation mixture based on silt of filtration fields of citric acid production (I – site using silt filtration fields and loess loam; II – site using loess loam; K – control site)

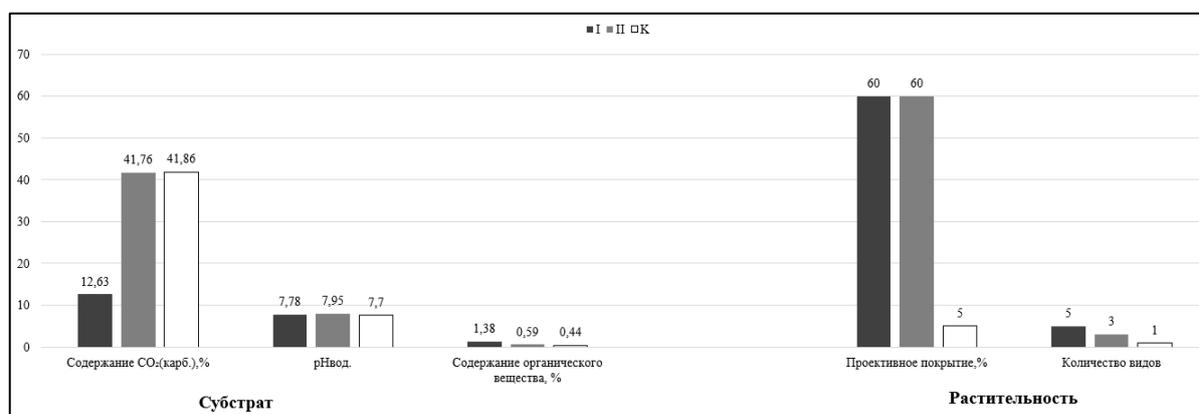


Рис. 5. Изменение эдафических характеристик и оценка зарастания в результате использования ренатурационной смеси на основе лёссовидного суглинка и жидкого навозного стока (I – участок с использованием жидкого навозного стока и лёссовидного суглинка; II – участок с использованием жидкого навозного стока; K – контрольный участок)
 Fig.5. Change in edaphic characteristics and assessment of overgrowth as a result of the use of a renaturation mixture based on loess-like loam and liquid manure runoff (I – plot using liquid manure runoff and loess-like loam; II – plot using liquid manure runoff; K – control plot)

Во всех приведённых результатах экспериментов по использованию различных вариантов экологической реабилитации нарушенных земель существенного изменения агрохимических свойств субстратов удалось достичь только в вариантах с использованием ренатурационных смесей. Жидкие стимуляторы оказывали незначительное влияние на зарастание поверхностей и улучшение эдафических свойств ввиду быстрой минерализации, сильной подверженности вымыванию атмосферными осадками. В конечном итоге они давали непродолжительный эффект стимулирования зарастания лишь в первый год эксперимента.

Ренатурационные смеси обеспечивали наилучший эффект ввиду того, что на старте эксперимента площадки с их использованием получали больше макроэлементов питания растений и пищевого субстрата для микроорганизмов. Это позволяло в процессе зарастания растительной группировке быстрее закрепиться на поверхности субстрата и устойчиво существовать на вторые и третьи сезоны вегетации [Осипов, Ивакина, 2016].

Таким образом, использование ренатурационных смесей оправдано не только с экологической точки зрения, поскольку обеспечивается успешное формирование растительных группировок в сложных эдафических условиях, но и экономически, поскольку создание ренатурационных смесей производится с использованием органических отходов, что обеспечивает их утилизацию.

Однако подход ренатурирования техногенно нарушенных земель актуален только при соблюдении всех условий предлагаемой технологии [Патент № RU2782385C1, 2022]. А именно:

1. Заготовка сено-семенной смеси. Должна производиться с обязательным учётом сукцессионного статуса донорного сообщества. Сукцессионный статус должен быть не ниже сложной растительной группировки, это позволяет новообразованному молодому растительному сообществу обрести наиболее адаптированный к данной экологической нише видовой состав. Заготовка сено-семенного материала предпочтительна на конец лета – начало осени, когда достигается его наибольшее количество.

2. Расчёт количественного состава используемой органоминеральной смеси. Первоначально необходимо установить исходное содержание органических веществ в предполагаемом органическом компоненте. Далее происходит смешивание органического компонента с минеральным наполнителем в пропорциях, определяемых следующей формулой:

$$m_{\text{осв}} = \frac{m_{\text{сугл.}} \cdot K_{\text{в сугл.}} \cdot |\Gamma_{\text{сугл.}} - 2|}{|\Gamma_{\text{осв}} - 2| \cdot K_{\text{в осв}}}$$

где: $m_{\text{мин.}}$ – масса минерального наполнителя, кг; $\Gamma_{\text{мин.}}$ – содержание органического вещества в минеральном наполнителе, %; $K_{\text{в мин.}}$ – коэффициент пересчёта на сухое вещество минерального наполнителя; $\Gamma_{\text{орг}}$ – содержание органического вещества в ферментированных органических отходах; $K_{\text{в орг.}}$ – коэффициент пересчёта на сухое вещество в ферментированных органических отходах.

Коэффициент 2 – эмпирически установленное количество органического вещества в субстрате (%), обеспечивающее максимальную скорость гумусонакопления [Goleusov et al., 2015].

Коэффициент пересчёта на сухое вещество для минерального разбавителя $K_{\text{в мин.}}$ и органического наполнителя $K_{\text{в орг.}}$ считают по формуле:

$$K_{\text{в}} = \frac{100}{100 + W},$$

где W – влажность, %, определённая по ГОСТ 28268-89.

3. Созданная органоминеральная смесь наносится на субстрат толщиной 5–6 см – данная мощность слоя достаточна для формирования первичной ризосферы молодого растительного сообщества. На экспонированный слой сверху наносится мульчирующая сено-семенная смесь, которая была заготовлена в фоновых фитоценозах соответствующего литогенетического типа. В таком способе применения, сено-семенная смесь не только является донором семенного материала, но и выступает в качестве подстилки, которая оберегает поверхность от процессов водной или ветровой эрозии на начальном этапе.

Заключение

Технология ренатурирования техногенно нарушенных земель была опробована в вариациях с различными органическими наполнителями и результаты её применения на субстрате с неблагоприятными эдафическими свойствами можно считать успешными.



Такой способ экологической реабилитации нарушенных геосистем позволяет за один вегетационный период создать на поверхности реабилитируемого субстрата растительное сообщество с проективным покрытием в 75–90 % и высотой травостоя около 30–40 см. В результате формирования травянистого сообщества происходит дальнейшее закрепление ренатурационной смеси на поверхности, что дополнительно даёт противоэрозионную устойчивость. Сформированное растительное сообщество запускает на реабилитируемой поверхности процессы биологического круговорота, почвообразования, а заявленные параметры смеси позволяют за 15–20 лет функционирования новообразованной экосистемы создать гумусоаккумулятивный горизонт, который будет иметь достаточную мощность для её последующего устойчивого функционирования.

Список источников

- Закон о недрах: Закон Российской Федерации № 2395-1 от 21.02.1992. Электронный ресурс. URL: <https://rg.ru/documents/2022/07/22/document-fz343.html> (дата обращения: 27.02.2023)
- О проведении рекультивации и консервации земель: Акт правительства Российской Федерации № 800 от 10.07.2018. Электронный ресурс. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201807120031> (дата обращения: 27.02.2023)
- Патент № RU2782385C1. Состав и способ применения ренатурационных смесей. № 2022104916. Опубликовано 26.10.2022. 11 с.
- Реймерс Н.Ф. 1992. Охрана природы и окружающей человека среды. М., Просвещение, 78 с.
- Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии «Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2021 году». 2021. Электронный ресурс. URL: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/Государственный%20\(национальный\)%20доклад%20о%20состоянии%20и%20использовании%20земель%20в%202021%20году.pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/Государственный%20(национальный)%20доклад%20о%20состоянии%20и%20использовании%20земель%20в%202021%20году.pdf) (дата обращения: 17.02.2023).
- Шанцер И.А. 2017. Растения средней полосы Европейской России. Полевой атлас. Москва, Товарищество научных изданий КМК, 461 с.

Список литературы

- Бадмаева Ю.В. 2020. Состав грунтов отвалов техногенных территорий при добыче россыпного месторождения. Вестник КрасГАУ, 11(164): 67–70. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-11-67-70
- Галанина Т.В., Любимова К.В. 2010. Проблемы рекультивации и восстановления нарушенных земель при открытой разработке месторождений. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 8: 256–259.
- Голеусов П.В. 2014. Концепция ренатурации антропогенно нарушенных геосистем: методологические и прикладные аспекты. Фундаментальные исследования, 11–3: 556–564.
- Голованов Я.М., Абрамова Л.М. 2018. Редкие виды растений на охраняемых меловых возвышенностях Оренбургской области. В кн.: Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов. Материалы XIII Международной ландшафтной конференции, Воронеж, 14–17 мая 2018. М., Истоки: 220–222.
- Деденко Т.П., Андрущенко П.Ф. 2009. Естественное зарастание мело-мергельных отвалов на территории центрального федерального округа. В кн.: Лес. Наука. Молодежь. Материалы по итогам научно-исследовательской работы молодых ученых ВГЛТА за 2008–2009 годы. Воронеж, 01 января – 31 декабря 2009. Воронеж, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф.Морозова: 123–126.
- Дунай Е.И., Белых В.И., Погорельцев И.А. 2014. Промышленный потенциал минерально-сырьевых ресурсов Белгородской области. Горный журнал, 8: 36–40.
- Зарипов Ю.В., Осипенко Р.А., Залесова Е.С., Залесов С.В. 2020. Опыт рекультивации различных видов нарушенных земель. Экобиотех, 3(4): 621–626. DOI: 10.31163/2618-964X-2020-3-4-621-626

- Колтышев А.Е., Жильникова Н.А. 2016. Причины ускорения роста количества отходов потребления в современных экономических условиях. *Актуальные проблемы экономики и управления*, 4(12): 121–125.
- Мануйлов А.А., Голёусов П.В. 2022. Использование отходов животноводства и коммунального хозяйства для ремедиации нарушенных земель. В кн.: *Innovations in Life Sciences*. Сборник материалов IV международного симпозиума. Белгород, 25–27 мая 2022. Белгород, Белгородский государственный национальный исследовательский университет: 126–127.
- Осипов С.В., Ивакина Е.В. 2016. Растительный покров карьерно-отвальных комплексов в дальневосточных лесостепных ландшафтах. *Ботанический журнал*, 101(1): 45–63. DOI: 10.1134/S000681361601004X
- Рыбников П.А., Черемухина В.В. 2020. Применение данных дистанционного зондирования земли для оценки самозарастания нарушенных земель. *Теория и практика мировой науки*, 11: 56–59.
- Chen D.M.-Ch., Bodirsky B., Krueger T., Mishra A., Popp A. 2020. The World's Growing Municipal Solid Waste: Trends and Impacts. *Environmental Research*, 15(7): 074021. DOI: 10.1088/1748-9326/ab8659
- Goleusov P.V., Smirnova L.G., Martsinevskaya L.V., Kuharuk N.S. 2015. Evaluation of Carbon Assimilation by Regenerating Soils of the Central Black Earth Region of Russia. *Research Journal of Applied Sciences*, 10(8): 415–418. DOI: 10.3923/rjasci.2015.415.418
- Miller V., Naeth A., Wilkinson S. 2021. Micro Topography, Organic Amendments and an Erosion Control Product for Reclamation of Waste Materials at an Arctic Diamond Mine. *Ecological Engineering*, 172: 106399. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2021.106399

References

- Badmaeva Yu.V. 2020. Composition of Soil of Dumps of Technogenic Territories at the Loose Field Receiving. *The Bulletin of KrasGAU*, 11(164): 67–70 (in Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2020-11-67-70
- Galanina T.V., Lyubimova K.V. 2010. Problemy rekultivatsii i vosstanovleniya narushennykh zemel pri otkrytoy razrabotke mestorozhdeniy [Problems of Reclamation and Restoration of Disturbed Lands During Open-Pit Mining]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)*, 8: 256–259.
- Goleusov P.V. 2014. The Concept of Renaturation of Anthropogenically Disturbed Geosystems: Methodological and Applied Aspects. *Fundamental research*, 11–3: 556–564 (in Russian).
- Golovanov Ya.M., Abramova L.M. 2018. Redkiye vidy rasteniy na okhranyayemykh melovykh vozvyshennostyakh Orenburgskoy oblasti [Rare Plant Species on Protected Cretaceous Uplands of the Orenburg Region]. In: *Sovremennoye landshaftno-ekologicheskoye sostoyaniye i problemy optimizatsii prirodnoy sredy regionov [Modern Landscape and Ecological State and Problems of Optimization of the Natural Environment of the Regions]*. Proceedings of the XIII International Landscape Conference, Voronezh, 14–17 May 2018. Moscow, Publ. Istoki: 220–222.
- Didenko T.P., Andryushchenko P.F. 2009. Estestvennoye zarastaniye melo-mergelnnykh otvalov na territorii tsentralnogo federalnogo okruga [Natural Overgrowth of Chalk-Marl Dumps on the Territory of the Central Federal District]. In: *Les. Nauka. Molodezh [Forest. The Science. Young People]*. Materials based on the results of the research work of young scientists VGLTA for 2008–2009. Voronezh, 01 January – 31 December 2009. Voronezh, Publ. Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov: 123–126.
- Dunay E.I., Belykh V.I., Pogoreltsev I.A. 2014. Promyshlennyy potentsial mineralno-syryevykh resursov Belgorodskoy oblasti [Industrial Potential of Mineral Resources of the Belgorod Region]. *Gornyy zhurnal*, 8: 36–40.
- Zaripov Ju.V., Osipenko R.A., Zalesova E.S., Zalesov S.V. 2020. Experience in Recultivation of Various Types of Degraded Land. *Ecobiotech*, 3(4): 621–626 (in Russian). DOI: 10.31163/2618-964X-2020-3-4-621-626
- Koltyshev A.E., Zhilnikova N.A. 2016. The Causes of Consumer Waste Quantity Increasing in Modern Economic Conditions. *Actual problems of economics and management*, 4(12): 121–125 (in Russian).
- Manuilov A.A., Goleusov P.V. 2022. Ispolzovaniye otkhodov zhivotnovodstva i kommunalnogo khozyaystva dlya remediatsii narushennykh zemel [The Use of Animal Husbandry and Municipal



- Waste for Remediation of Disturbed Lands]. In: Innovations in Life Sciences. Proceedings of the IV International Symposium, Belgorod, 25–27 May 2022. Belgorod, Publ. Belgorod State National Research University: 126–27.
- Osipov S.V., Ivakina E.V. 2016. Vegetation Cover of the Pit-Dump Complexes in the Far Eastern Forest-Steppe Landscapes. Botanical Magazine, 101(1): 45–63 (in Russian). DOI: 10.1134/S000681361601004X
- Rybnikov P.A., Cheremukhina V.V. 2020. Application of Remote Sensing Data to Assess the Self-Growth of Disturbed Lands. Theory and practice of world science, 11: 56–59 (in Russian).
- Chen D.M.-Ch., Bodirsky B., Krueger T., Mishra A., Popp A. 2020. The World's Growing Municipal Solid Waste: Trends and Impacts. Environmental Research, 15(7): 074021. DOI: 10.1088/1748-9326/ab8659
- Goleusov P.V., Smirnova L.G., Martsinevskaya L.V., Kuharuk N.S. 2015. Evaluation of Carbon Assimilation by Regenerating Soils of the Central Black Earth Region of Russia. Research Journal of Applied Sciences, 10(8): 415–418. DOI: 10.3923/rjasci.2015.415.418
- Miller V., Naeth A., Wilkinson S. 2021. Micro Topography, Organic Amendments and an Erosion Control Product for Reclamation of Waste Materials at an Arctic Diamond Mine. Ecological Engineering, 172: 106399. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2021.106399

*Поступила в редакцию 03.05.2023;
поступила после рецензирования 18.05.2023;
принята к публикации 07.06.2023*

*Received May 03, 2023;
Revised May 18, 2023;
Accepted June 07, 2023*

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

Мануйлов Андрей Алексеевич, аспирант, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Голеусов Павел Вячеславович, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Andrey A. Manuylov, Postgraduate Student, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Pavel V. Goleusov, Professor, Department of Environmental Management and Land Cadastre, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia