

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. Ломоносова
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ
Российской академии наук
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТНОШЕНИЙ (УНИВЕРСИТЕТ)
Министерства иностранных дел Российской Федерации

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В КОНТЕКСТЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Сборник статей

ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ РАН
Москва ~ 2025

УДК [[911.2:504](1)::502(100)"738"] (063)
ББК 26.82я431
Р32

Утверждён Учёным Советом Института географии РАН

Рецензенты:

чл.-корр. РАН А. А. Тишков
д-р биол. наук Т. А. Трифонова

Региональные геоэкологические проблемы в контексте глобальных изменений : сб. мат. всеросс. науч. конф. с междунар. участием / ред. О. А. Климанова. — М. : ИГ РАН, 2025. — 255 с., ил. — ISBN 978-5-89658-082-9. — DOI 10.15356/geoeeco_2024_1

В сборник вошли отдельные материалы всероссийской научной конференции с международным участием «Региональные геоэкологические проблемы в контексте глобальных изменений», прошедшей 11–13 ноября 2024 г. на географическом факультете Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова и в Институте географии РАН. В них представлены результаты по широкому кругу вопросов, затрагивающих исследования проявлений и последствий глобальных изменений природы и природно-хозяйственных систем на уровне отдельных регионов и стран, анализ тематических и комплексных экологических политик, и практики управления ресурсами, адаптации к глобальным изменениям. Работа конференции проходила по трём секциям, по которым объединены и статьи в сборнике.

Regional geoecological issues in the context of global changes : proc. All-Russian sci. conf. with int. participation / ed. O. A. Klimanova. — M. : IG RAS, 2025. — 255 p., il. — ISBN 978-5-89658-082-9. — DOI 10.15356/geoeeco_2024_1

The proceedings include selected presentations from the All-Russian scientific conference with international participation 'Regional geoecological issues in the context of global changes' (11–13 November 2024; Faculty of Geography of Lomonosov Moscow State University and Institute of Geography, Russian Academy of Sciences). They present the results on a wide range of issues affecting the study of the manifestations and consequences of global changes in nature and natural-economic systems at the level of individual regions and countries, the analysis of thematic and complex environmental policies and practices of resource management, the adaptation to global changes. There were three thematic sections at the conference, and the articles in the book are combined according to ones.

ISBN 978-5-89658-082-9
DOI 10.15356/geoeeco_2024_1

© Авторы статей, 2024
© МГУ, ИГ РАН, МГИМО, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
Секция 1. Региональное измерение глобальных изменений	8
Буфетова М. В. Ассимиляционная емкость донных осадков Азовского моря в отношении тяжелых металлов	8
Быковская О. П., Горбунов А. С. Восстановление степных ландшафтов Донского Белогорья после снятия антропогенных нагрузок	17
Высоцкая А. А., Медведков А. А. Анализ основных подходов для оценки пожароопасности лесов применительно к условиям бореальной криолитозоны	24
Дирин Д. А., Козлова Д. А. Внутрорегиональные особенности трансформации природно-хозяйственных систем Республики Алтай под влиянием климатических изменений	29
Жигулина Е. В. Современное состояние и динамика долинно-речных ландшафтов Воронежской области	36
Инсаров Г. Э. Экосистемы Азии в условиях изменений климата	43
Королькова Е. Э. Высокогорные редколесные сообщества Прибайкалья	50
Лысенко В. И. Особенности выбросов флюидов холодных сипов бухты Ласпи в географическую оболочку Земли (Южный берег Крыма)	56
Дикова А. А. Микропластик в сельди <i>Clupea pallasii</i> и <i>Clupea harengus</i>	66
Петренко А. Е. Экологическое состояние поверхностных источников Горного Крыма	71
Пизгарева А. Е. Лесные пожары территории Государственного природного заповедника «Малая Сосьва» им. В. В. Раевского за последние 30 лет	79
Потапова Е. В. Геоэкологические проблемы населённых пунктов в контексте глобальных изменений	84

Тарасевич И. В., Данилович И. С. Анализ характеристик опасных гидрологических явлений на реках Беларуси	88
Ховалыг А. О., Волкова И. И., Кара-Сал А. М. Функционирование ландшафтов Тувы в условиях меняющегося климата	93
Иванова Ю. Р., Скок Н. В., Янцер О. В. Динамика сроков наступления фенологических явлений в ландшафтных провинциях Северного и Среднего Урала как отклик на современные климатические изменения	100
Секция 2. Экологические проблемы и политика стран мира	107
Аршинова М. А., Комарова Т. В. Оценка продуктивных сельскохозяйственных земель в странах Европы на основе показателей экологического следа	107
Буторин А. А. Вклад Конвенции о всемирном наследии в решение экологических проблем. Итоги 46-й сессии Комитета всемирного наследия	115
Клюкин Н. Ю., Митина Н. Н., Чжоу Чаоин Последствия «предела роста» водопотребления для экономического развития Китая	120
Кольмакова Е. Г. Современные региональные географические исследования в Белорусском государственном университете	126
Князева Е. А. Влияние климатических изменений на здоровье населения российской Арктики: пути адаптации	134
Горенкова А. А. Перспективы развития водородной энергетики в странах БРИКС	141
Модина Е. А. Влияние добычи и переработки нефтяных ресурсов на эмиссию углекислого газа и метана в Венесуэле	149
Садртинов К. Д. Современный этап формирования климатической политики Китая	156
Филиппова А. Д. Экологические миграции: перспективы в Азии	164
Прилипов А. С., Климанова О. А., Шестаков А. С. Международное десятилетие восстановления экосистем: основные понятия и подходы к приоритизации территорий	169
Черных Н. А., Баева Ю. И. Правовые особенности возмещения экологического ущерба в странах БРИКС	178
Секция 3. Технологии и алгоритмы в региональных геоэкологических исследованиях	184
Атутова Ж. В., Распутина Е. А. Возможности применения геоинформационных данных в оценке особенностей послепожарного лесовосстановления	184

Беляева А. С., Бевз В. Н. Анализ циклической динамики овражных геоморфологических систем (на примере территории Острогожского района Воронежской области)	191
Гречман Е. В. Анализ данных о состоянии рекреационных объектов национального парка «Лосиный Остров»	197
Дамбе М. М., Межова Л. А. Анализ климатических изменений природной среды на примере Хоперского государственного природного заповедника	204
Епринцев С. А., Клепиков О. В., Шекоян С. В. Региональный экологический мониторинг как фактор безопасности городской среды (на примере городов Центральной России)	210
Куrolап С. А., Клепиков О. В., Прожорина Т. И., Суханов П. А. Оценка и геоинформационное картографирование экологической ситуации в крупных промышленных городах.....	215
Клепиков О. В., Епринцев С. А., Шекоян С. В. Оценка состояния окружающей среды в городах Воронеж, Липецк, Тула	223
Кузьмичев И. С., Васейкина Н. А., Медведков А. А. Природно-рекреационные ресурсы Хибин и геоэкологические проблемы их освоения в летнее время	228
Вампилова Л. Б. Междисциплинарные подходы в историко-геоэкологических исследованиях различных сценариев природопользования	233
Козлов С. М., Красовская Т. М. Влияние климатических и геополитических факторов на развитие социоприродной системы Воркутинского МО.....	239
Спивакова Е. Б., Илларионова О. А., Климанова О. А. Разнообразие экосистем национальных парков России и их роль в формировании устойчивости к антропогенным нагрузкам	247

ВВЕДЕНИЕ

Глобальные экологические изменения, темпы которых ускоряются в последнее время, ставят перед человечеством все более серьёзные задачи. Для их решения требуются научно обоснованные действия на региональном уровне, где наиболее полно взаимодействуют природные, социально-экономические и институциональные факторы возникновения экологических проблем. «Региональный» в контексте данного сборника материалов конференции означает весь диапазон масштабов — от местного до глобального, включая как ареалы, определяемые природными критериями, в частности, речные бассейны, природные области и районы, так и регионы, определяемые системами управления: страны, субъекты субнационального уровня, городские районы и прилегающие к ним территории.

11–13 ноября 2024 г. на географическом факультете Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова и в Институте географии РАН проводилась всероссийская конференция с международным участием «Региональные геоэкологические проблемы в контексте глобальных изменений». Организаторами конференции стали кафедра физической географии мира и геоэкологии географического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, отдел физической географии и природопользования Института географии РАН и Институт международной торговли и устойчивого развития Университета МГИМО. Целью конференции стал обмен мнениями и представление результатов по широкому кругу вопросов, затрагивающих исследования проявлений и последствий глобальных изменений природы и природно-хозяйственных систем на уровне отдельных регионов и стран, анализ тематических и комплексных экологических политик, и практики управления ресурсами, адаптации к глобальным изменениям. В конференции приняли участие представители разных географических наук, специалисты в области региональных исследований, экономисты, политологи и социологи из разных ВУЗов и научно-исследовательских центров России и Ближнего Зарубежья.

Работа конференции проходила по трём секциям, по которым объединены и материалы в представленном сборнике. Первая секция — «Региональное измерение глобальных изменений» — объединила доклады, рассматривающие региональные

проявления глобальных изменений природной среды, в т. ч. климатических изменений, их последствия для природы и природно-хозяйственных систем, а также уязвимость регионов и отдельных природных компонентов к глобальным изменениям. В рамках второй секции — «Экологические проблемы и политика стран мира» доклады были посвящены проблемами ресурсопользования и трансформации лесных, водных и морских экосистем в России, странах и регионах мира, региональным и страновым аспектам экологической, климатической, энергетической и иных политик, а также анализу мер по адаптации к изменениям окружающей среды в контексте устойчивого развития. Третья секция объединила доклады, посвящённые технологиям и алгоритмам в региональных геоэкологических исследованиях. На заседаниях участники обсудили преимущества и недостатки использование геопространственных данных для исследований на региональном уровне, а также методические проблемы геоинформационного моделирования и картографирования в целях решения экологических проблем.

В рамках конференции в Институте международной торговли и устойчивого развития Университета МГИМО также прошёл Молодёжный день, где в формате Public Talk были заслушаны доклады студентов из разных высших учебных заведений страны по направлениям работы конференции.

Публикации, подготовленные участниками конференции, изданы в настоящем сборнике, а также в журнале «Географическая среда и живые системы». Статьи в сборнике разбиты на три тематических раздела, соответствующих секциям конференции. Благодарим всех участников и будем рады видеть всех на следующих конференциях!

Организационный комитет конференции

Секция I

РЕГИОНАЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

М. В. Буфетова

АССИМИЛЯЦИОННАЯ ЕМКОСТЬ ДОННЫХ ОСАДКОВ АЗОВСКОГО МОРЯ В ОТНОШЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Российский государственный геологоразведочный университет

имени Серго Орджоникидзе (МГРИ)

mbufetova@mail.ru

Анализировалась концентрация свинца, кадмия, меди и цинка в воде и донных отложениях открытой части Азовского моря в 1991–2023 гг. Зависимость коэффициента накопления тяжелых металлов донными отложениями от их концентрации в воде показала, что повышенная интенсивность седиментационного самоочищения вод при низких концентрациях металлов в воде обеспечивалась высокой концентрирующей способностью донных отложений, связанной с их гранулометрическим составом (в Азовском море глинисто-илистые осадки, фракция 0,01 мм, составляют более 70 %). С увеличением степени загрязнения вод тяжелыми металлами коэффициент накопления уменьшался и, соответственно, снижался вклад седиментационных процессов в самоочищение вод. Ассимиляционная емкость донных отложений в отношении тяжелых металлов составила: свинцу — 59,6 т/год, кадмию — 3,8 т/год, меди и цинку — 135,6 и 313,6 т/год, соответственно. Определение ассимиляционной емкости донных осадков позволяет нормировать плановые поступления тяжелых металлов в акваторию Азовского моря.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_1

Настоящая работа посвящена оценке предельно допустимых потоков поступления Pb, Cd, Cu и Zn в открытую часть Азовского моря (без учета Таганрогского залива). В работе были использованы данные, предоставленные филиалом «Азовморинформцентр» ФГБВУ «Центррегионводхоз» в рамках сотрудничества с кафедрой экологии и природопользования Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), о концентрации меди и цинка в воде и донных отложениях в 2010–2023 гг. Для определения межгодовых трендов дополнительно были использованы литературные данные о содержании меди и цинка в воде Азовского моря с 1991 по 2009 г. [1; 2].

Физико-химический состав донных отложений дает информацию о накоплении и распределении тяжелых металлов за более продолжительный период времени, чем анализ воды, характеризующий только качество воды в данный момент [3]. Особая роль среди внутри водоемных процессов принадлежит процессу сорбции ионов и со-

единений тяжелых металлов взвешенным веществом и донными отложениями, которые, по мнению многих исследователей, являются определяющими, вносящими наибольший вклад в самоочищающую способность водного объекта. Процессы сорбции зависят от значения pH, Eh среды, присутствия глинистых частиц, лигандов, гуминовых кислот, железомарганцевых оксидов и ряда связывающих тяжелые металлы катионов [4].

Одним из наиболее значимых факторов, обуславливающих способность донных отложений концентрировать и удерживать микроэлементы, является гранулометрический состав. Металлы хорошо аккумулируются тонкодисперсной фракцией осадков с размером частиц менее 0,05 мм. Господствующее положение в Азовском море занимают глинисто-илистые осадки (фракция 0,01 мм составляет более 70 %). Они распространены в основном в центральной части моря, а также локально накапливаются во впадинах лиманов и заливов, в вытянутых ложбинах между банками [5].

Предельно допустимая концентрация (далее — ПДК) свинца и кадмия для морских вод объектов рыбохозяйственного назначения составляет 10 мкг/л, меди — 5 мкг/л, для цинка — 50 мкг/л. Свинец, цинк и медь отнесены к 3-му классу опасности («умеренно опасные»), кадмий — ко 2-му классу опасности («высокоопасные») и имеют токсикологический лимитирующий показатель вредности¹.

Для донных отложений морских акваторий нет нормативно закреплённых ПДК тяжелых металлов. Поэтому для оценки загрязнения донных осадков возможно сравнение с природным кларком металлов в земной коре. Кларк свинца составляет 17 мг/кг, кадмия — 0,09, меди — 27, цинка — 75 мг/кг [6].

Коэффициенты накопления (K_n) тяжелых металлов донными отложениями рассчитывали по формуле [7]:

$$K_n = 1000 \times C_{до} / C_v \quad (1)$$

где $C_{до}$ — концентрация металла в поверхностном слое донных отложений (мкг/г); C_v — концентрация металла в воде (мкг/л).

Ассимиляционную способность (АЕ) донных отложений акваторий по фактору биогеохимической седиментации определяли из соотношения, которое может использоваться для нормирования по экотоксикологическим критериям (при $C_v = \text{ПДК}$). В данном случае, зависимость K_n/C_v имеет вид степенной функции [7]:

$$Q_{as} = S \times v_{sed} \times C_b \times A \times C_b^{-n} \quad (2)$$

где S — площадь рассматриваемой акватории (33400 км²); v_{sed} — удельная скорость осадконакопления (300 г/м²/год); A — коэффициент, n — показатель степени (л/мкг).

В экосистему Азовского моря тяжелые металлы поступают как из природных, так и антропогенных источников, а один из главных — речной сток, в основном рек Дона

¹ Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 г. № 552. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201701160006> (дата обращения: 02.11.2024).

и Кубани. Также источниками Pb, Cd, Cu и Zn для экосистемы Азовского моря являются атмосферные осадки, интенсификация судоходства, строительство новых и реконструкция существующих портов, сточные воды населенных пунктов, расположенных на побережье: Азов, Таганрог, Ейск, Приморско-Ахтарск, Темрюк и др.

Свинец. Характеристики распределения свинца в открытой части Азовского моря показаны на рис. 1 а. В 1991–2009 гг. концентрация свинца в воде открытой части Азовского моря была значительно ниже ПДК. С 2010 г. наблюдались более высокие уровни загрязнения вод свинцом, но более низкое загрязнение донных отложений (рис. 1 б). В последние годы наиболее высокие концентрации свинца в воде зафиксированы в Кубано-Темрюкском районе (56 мкг/л в 2022 г., 49 мкг/л в 2023 г.) и в центральной части моря в районе Железинской банки (35 мкг/л в 2022 г., 30 мкг/л в 2023 г.). Содержание свинца в донных отложениях с 2008 г. были ниже значения кларка этого металла.

Материалы статистического анализа свидетельствовали, что зависимость между K_n и C_b с достоверностью, характеризуемой коэффициентом детерминации $R^2=0,84$, может быть описана уравнением степенной функции: $K_n=14958C_b^{-1,42}$. Ассимиляционная способность донных отложений по свинцу открытой части Азовского моря составила 21,4 т/год.

Кадмий. По результатам рассмотрения характеристик распределения концентрации кадмия в воде открытой части Азовского моря были зарегистрированы две фазы загрязнения вод (рис. 2 а): с 1991 по 2009 гг. период низкого их загрязнения до 5% уровня от ПДК, и с 2010 г. относительно более высокого уровня, хотя во всех случаях кадмия величина C_b не превышала ПДК. Наибольшие концентрации за весь период наблюдений отмечены летом 2010 г. (8,2 мкг/л) в Керченском проливе, летом 2012 г. в центральной части моря (7,1–9,2 мкг/л) и весной 2014 г. до 9,7 мкг/л в районе косы Долгая. В 2019–2020 гг. содержание кадмия в воде во всех районах моря было низким и находилось в диапазоне 0,1–3,1 мкг/л.

Если оценивать содержание кадмия в донных отложениях Азовского моря по его кларку, то наблюдается превышение концентрации на протяжении всего периода исследования (рис. 2 б). Наибольшие концентрации зафиксированы в районе порта «Кавказ» в 2011 г. составила 0,8 мкг/г, в 2012 г. — 1,1 мкг/г, в районе косы Тузла в 2018 г. — 3,1 мкг/г, в 2019 г. — 0,9 мкг/г, в 2013 г. в районе косы Долгой (Железинская балка) — 1,1 мкг/г, в Кубано-Ахтарском районе до 1,5 мкг/г.

Используя зависимость K_n от C_b (рис. 2 с) и формулу (2), получили, что ассимиляционная способность донных отложений в отношении кадмия составляет в открытой части Азовского моря 86,67 т/год.

Медь. Концентрация меди в воде Азовского моря в различные годы превышала ПДК. В период с 1991 по 1995 гг. ее концентрация в воде открытой части моря снижалась (рис. 3 а), а затем наблюдался тренд увеличения загрязнения вод медью. С 2010 по 2017 гг. среднегодовая концентрация меди превышала ПДК и находилась в диапазоне 5,2–8,1 мкг/л. По результатам исследований 2020–2023 гг. среднегодовое значение меди превышало ПДК и составляло 9,5 мкг/л. Наибольшие концентрации меди в донных отложениях зафиксированы в областях развития глинистых илов — в Ясенском

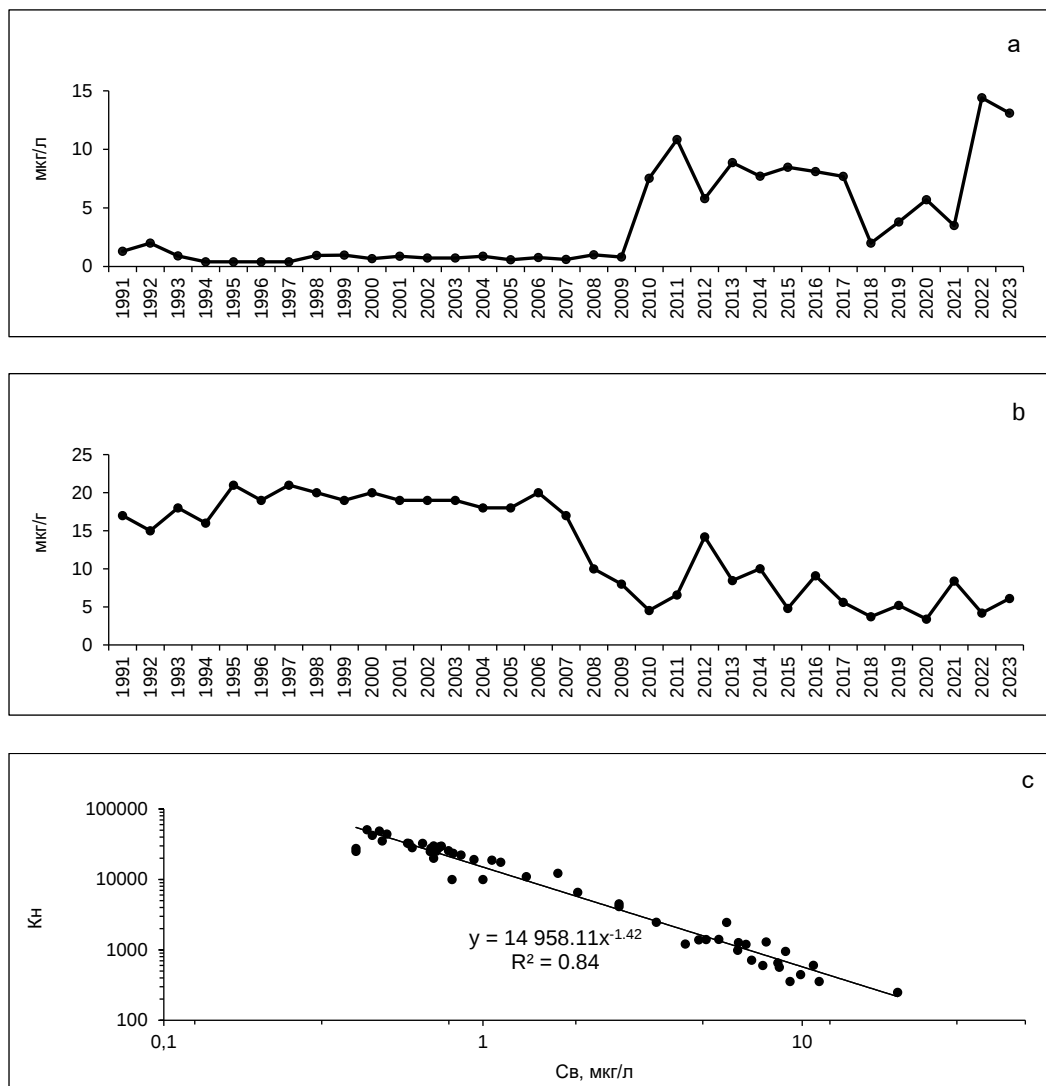


Рис. 1. Характеристики распределения свинца в открытой части Азовского моря: концентрация в воде, мкг/л (а); концентрация в поверхностном слое донных отложений, мкг/г сухой массы (б); зависимость изменения коэффициента накопления свинца донными отложениями от его концентрации в воде (с)

заливе, в южной и центральной частях моря, а также на взморье р. Кубань. Зависимость между коэффициентами накопления меди донными осадками от ее содержания в водной среде показывает умеренную связь и описывается уравнением прямой линии в логарифмических масштабах по осям ординат (рис. 3 с). Для оценки АЕ донных отложений открытой части Азовского моря получим: $Q_{as} = 135,6$ т/год.

Цинк. Распределение цинка в Азовском море представлены на рис. 4. Период 1993–2006 гг. характеризуется невысокими среднегодовыми концентрациями цинка в диа-

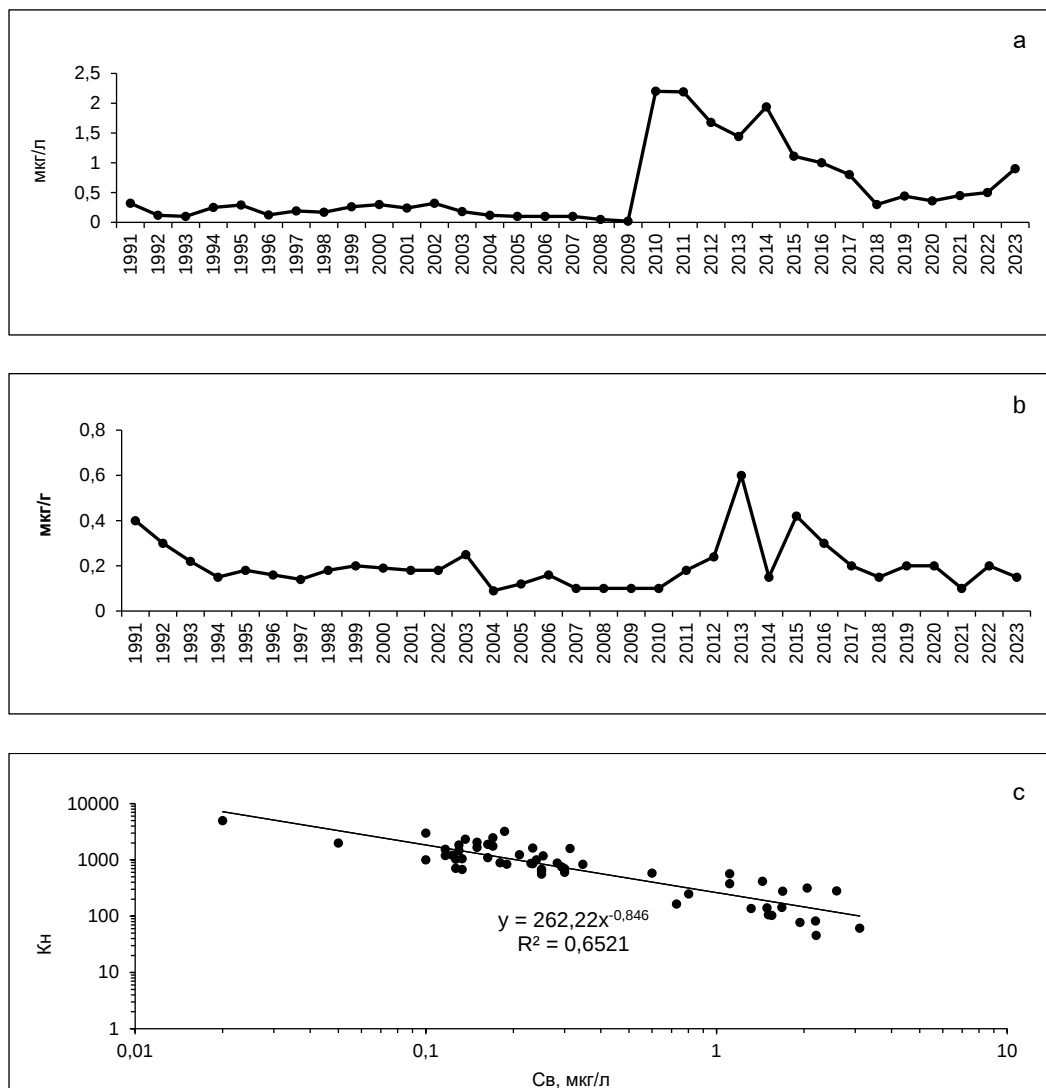


Рис. 2. Характеристики распределения кадмия в открытой части моря: концентрация в воде, мкг/л (а); концентрация в поверхностном слое донных отложений, мкг/г сухой массы (б); зависимость изменения коэффициента накопления кадмия донными отложениями от его концентрации в воде (с)

пазоне 2,2–12,2 мкг/л. В 2007–2014 гг. наблюдался постепенный рост среднегодовой концентрации до 38 мкг/л. В 2020–2023 гг. концентрация цинка в открытой части моря составило 21,5 мкг/л (рис. 4 а). Концентрация цинка в нескольких пробах воды превышала ПДК в разные годы, в основном в Кубано-Ахтарском и Кубано-Темрюкском районах (до 79 мкг/л), что объясняется влиянием городов Приморско-Ахтарск, Темрюк, выносом металлов с водами р. Кубань.

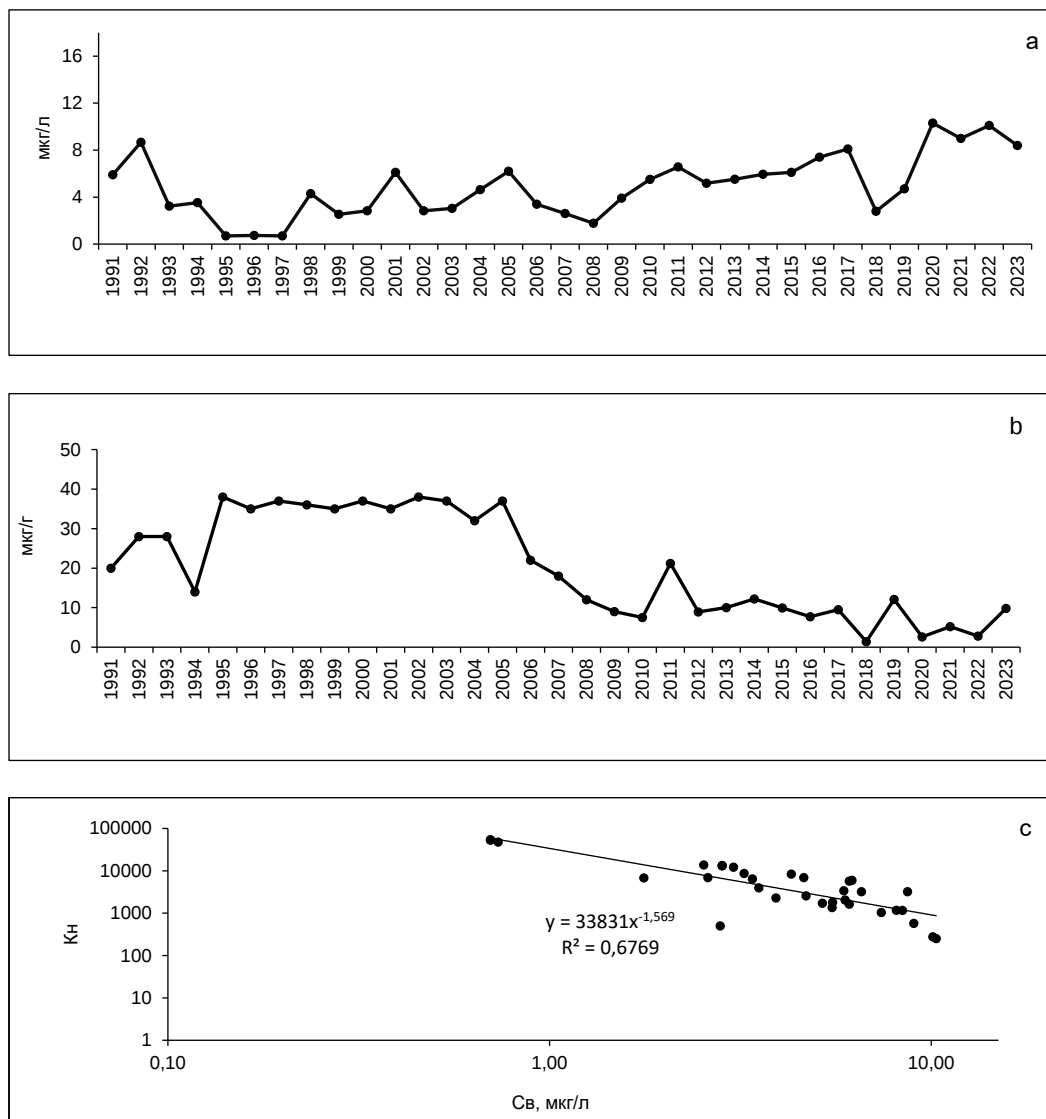


Рис. 3. Характеристики распределения меди в открытой части моря: концентрация в воде, мкг/л (а); концентрация в поверхностном слое донных отложений, мкг/г сухой массы; зависимость изменения коэффициента накопления меди донными отложениями от его концентрации в воде (с)

В донных осадках концентрация цинка находилась в диапазоне 17,1–98,0 мкг/г, превышая значение кларка (рис. 3 б). Более высокие значения цинка соответствуют зоне распространения глинистых илов.

АЕ донных отложений в отношении цинка, рассчитанная по соотношению (2) составила: 313,6 т/год для открытой части моря.

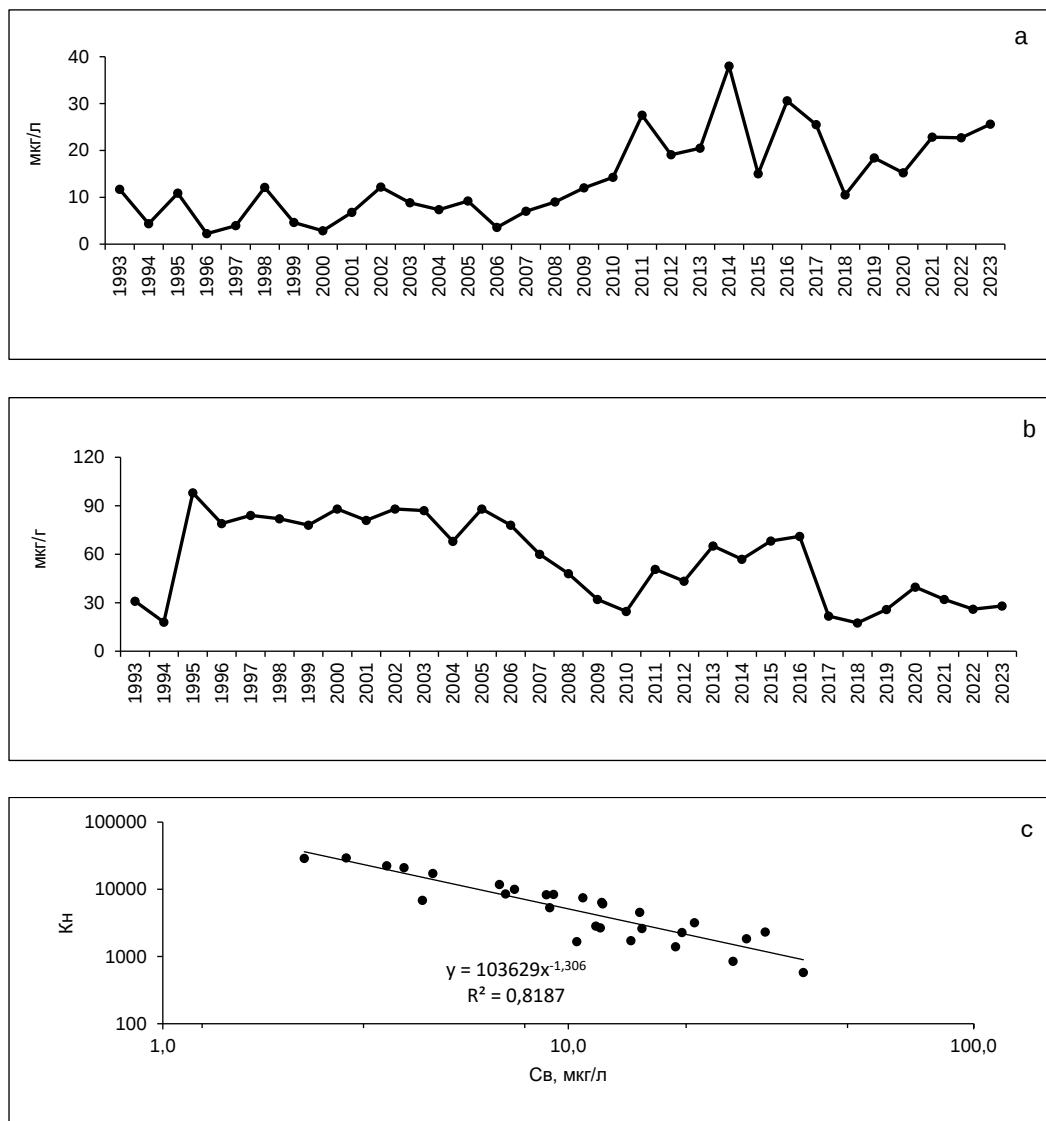


Рис. 4. Характеристики распределения цинка в открытой части Азовского моря: концентрация в воде, мкг/л (а); концентрация в поверхностном слое донных отложений, мкг/г сухой массы (б); зависимость изменения коэффициента накопления цинка донными отложениями от его концентрации в воде (с)

Как показывают данные за 30-летний период, колебания среднегодовых концентраций свинца, как в воде, так и в донных отложениях открытой части моря, не являются существенными. Содержание свинца в воде центральной части моря повышалось в период 2010–2015 гг. и в 2022–2023 гг. что, возможно связано с развитием промышленного производства данного региона и активным судоходством. Установлено, что среднегодовые концентрации растворенной формы меди в воде в разные годы

превышали ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения в 1,5–2 раза. В отдельных пробах значения концентрации меди достигали 4–5 ПДК, в основном в Кубано-Ахтарском районе. Среднегодовые концентрации цинка и кадмия в воде Азовского моря не превышали ПДК за весь период исследования. Более высокие значения в открытой части моря фиксировались в Кубано-Ахтарском и Кубано-Темрюкском районах.

Наиболее высокие значения рассматриваемых тяжелых металлов в донных отложениях характерны для зон распространения глинистых илов.

Определено, что зависимости изменения концентрации и коэффициентов накопления изучаемых тяжелых металлов в донных осадках от изменения их концентраций в воде с высокой степенью статистической значимости описываются уравнением степенной функции. Показано, что параметры этого уравнения являются показателями ассимиляционной емкости донных осадков в отношении тяжелых металлов и они могут использоваться для целей экологического нормирования с учетом санитарно-гигиенических норм.

Литература

1. Кленкин А. А., Корпакова И. Г., Павленко Л. Ф., Темердашев З. А. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2007. 324 с.
2. Кораблина И. В., Севостьянова М. В., Барабашин Т. О., Геворкян Ж. В., Каталевский Н. И., Евсеева А. И. Тяжелые металлы в экосистеме Азовского моря // Вопросы рыболовства. 2018. Том 19, № 4. С. 509–521.
3. Давыдова О. А., Коровина Е. В., Ваганова Е. С., Гусева И. Т., Красун Б. А., Исаева М. А., Марцева Т. Ю., Мулюкова В. В., Климов Е. С., Бузаева М. В. Физико-химические аспекты миграционных процессов тяжелых металлов в природных водных системах // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2016. Т. 8, № 2. С. 40–50. DOI 10.14529/chem160205
4. Саева О. П., Юркевич Н. В., Кабанник В. Г., Колмогоров Ю. П. Определение эффективности нейтрализации кислого дренажа геохимическими барьерами на основе природных материалов с помощью метода РФАСИ // Известия РАН. Серия физическая. 2013. Т. 77, № 2. С. 236–239.
5. Касимов Н. С., Власов Д. В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2015. № 2. С. 7–17.
6. Матишов Г. Г., Польшин В. В., Ильин Г. В., Новенко Е. Ю., Карагеоргис А. Закономерности литохимии и палинологии современных донных отложений Азовского моря // Вестник ЮНЦ РАН. 2006. 2(4). С. 38–51.
7. Егоров В. Н. Теория радионуклидного и химического гомеостаза морских экосистем. Севастополь : ФИЦ ИнБЮМ, 2019. 356 с.

M. V. Bufetova

**ASSIMILATION CAPACITY OF BOTTOM SEDIMENTS OF THE AZOV SEA
IN RELATION TO HEAVY METALS**

*Sergo Ordzhonikidze Russian State University of Geology and Exploration (MGRI),
Moscow, Russia
mbufetova@mail.ru*

Concentrations of lead, cadmium, copper and zinc in water and bottom sediments of the open part of the Azov Sea in 1991–2023 were analyzed. Dependence of the coefficient of accumulation of heavy metals by bottom sediments on their concentration in water showed that the increased intensity of sedimentation self-purification of water at low concentrations of metals in water was provided by high concentrating ability of bottom sediments associated with their granulometric composition (in the Sea of Azov clay-silt sediments, fraction 0.01 mm, make up more than 70%). With increasing degree of water pollution by heavy metals, the accumulation coefficient decreased and, accordingly, the contribution of sedimentation processes to water self-purification decreased. Assimilation capacity of bottom sediments with respect to heavy metals was: lead—59.6 t/year, cadmium—3.8 t/year, copper and zinc—135.6 and 313.6 t/year, respectively. Determination of assimilative capacity of bottom sediments allows to normalize planned heavy metal inputs to the Azov Sea water area.

О. П. Быковская, А. С. Горбунов

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ДОНСКОГО БЕЛОГОРЬЯ ПОСЛЕ СНЯТИЯ АНТРОПОГЕННЫХ НАГРУЗОК

Воронежский государственный университет

drumlina2012@yandex.ru

Цель исследования — на примере участков, в разное время выведенных из сельскохозяйственного оборота, определить направления изменений структуры природных ландшафтов и скорость восстановления условно-коренных степных сообществ. В качестве методов исследования использованы: анализ данных дистанционного зондирования Земли, а именно снимков Landsat 1-9 и Sentinel-2 (для установления границ участков и года их выведения из сельскохозяйственного оборота) и многолетние полевые крупномасштабные ландшафтные и геоботанические наблюдения на выявленных ключевых участках. В результате исследования определены основные факторы динамики растительного покрова; установлена последовательная смена доминантов при восстановлении степной растительности; а также характер изменения внутренней фациальной структуры ключевых участков и скорость распространения в пределах залежей древесно-кустарниковой растительности.

DOI: 10.15356/geoeeco_2024_1_2

Актуальность исследования определяется необходимостью выявления закономерностей и последовательных состояний восстановления ландшафтов в аграрных регионах, где проблема сохранения природы стоит наиболее остро. Результаты подобных исследований необходимы для совершенствования системы землепользования и оптимизации окружающей среды.

Цель исследования: на примере участков, в разное время выведенных из хозяйственного оборота, определить вид и скорость изменений структуры природных ландшафтов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Выявление современной ландшафтной структуры участков в разное время выведенных из хозяйственного оборота.
2. Выявление закономерностей развития ландшафтной структуры и растительного покрова ключевых участков.

Донское Белогорье — региональный топоним, давно и прочно вошедший в научную и научно-популярную литературу, это участок правобережья долины реки Дон на участке от устья Воронежа до устья Черной Калитвы с выходами на поверхность белого писчего мела и характерными ландшафтами (кальцефитными степями, меловыми борами, эрозионно-карстовыми комплексами). Впервые упоминается в «Атласе Воронежской области» (1968). Территория выбрана в качестве объекта исследования в связи с наличием большого количества участков плакоров, выведенных из сельскохозяйственного оборота и, в частности, из распахки, в связи с их низкой продуктивностью или введением природоохранного режима.

Для проведения полевых наблюдений было выбрано несколько ключевых участков, большая часть которых расположена в пределах природно-археологического музея-заповедника «Дивногорье», созданного в 1991 году и первоначально включающего около 1100 га земель Лискинского и Острогожского районов. Причины такого выбора — уникальные природные особенности Дивногорья, а именно его положение на стыке двух природных подзон (типичной и южной лесостепи), двух физико-географических районов (Придонского мелового и Калитвинского волнисто-балочного) и двух провинций — Среднерусской возвышенности и Окско-Донской низменной равнины. Не менее существенными причинами выступали охранный режим, способствующий выведению пахотных земель из использования, и хорошая изученность территории.

С момента создания музея-заповедника на территории заповедника относительно регулярно проводились комплексные ландшафтные исследования. В 1991 году была составлена ландшафтная карта Дивногорья в масштабе 1:10 000 на уровне урочищ, в 1994 вышла коллективная монография «Дивногорье: природа и ландшафты» [1].

В 2013 году были утверждены границы достопримечательного места «Природно-культурный комплекс Дивногорье» площадью 6100 га, а в 2016 году ему был присвоен статус объекта культурного наследия федерального значения общей площадью около 17600 га. С 2021 года музей-заповедник «Дивногорье» является базой комплексной ландшафтной практики для студентов Воронежского университета направления «География». Таким образом, с 1991 г по настоящее время на территории заповедника велись более или менее систематические наблюдения за динамикой ландшафтов. На отдельные участки были составлены ландшафтные карты на уровне фаций и заложены ландшафтные профили [2]. Были определены объекты для ландшафтного мониторинга [3, 4]. На участках водораздельного плато, выведенных из использования первыми, велись регулярные наблюдения за динамикой степных сообществ геоботаниками СПбГУ [5]. В 2023 году был составлен полный флористический список на территорию музея-заповедника [6].

В ходе исследования использовались следующие методы и подходы:

1. Определение по картам землепользования, ДДЗ (Landsat 1-9, Sentinel-2) года вывода производственных участков из пашенного оборота.
2. Установление факторов, влияющих на восстановление растительного покрова, после прекращения распашки (сенокосение, выпас скота, пожары, рекреация).
3. Полевые исследования на ключевых участках с целью выявления современного состояния ландшафтной структуры, растительного покрова и флористического состава.
4. Сравнительный ландшафтный и геоботанический анализ участков в разное время выведенных из пашенного оборота

Уже при организации музея-заповедника в охраняемых границах оказалось несколько участков, на которых распашка прекратилась в разное время: в 70-е, 1997, 2000, 2011, 2014 гг. (рис. 1). Наблюдения на этих участках велись с момента создания музея-

заповедника или с момента прекращения распашки. В летний сезон 2024 года к ним были добавлены еще несколько участков, расположенных южнее территории Дивногорья, выведенные из сельскохозяйственного оборота в разное время по причине их низкой продуктивности. Это в основном неудобья, расположенные на прибалочных и придолинных склонах.

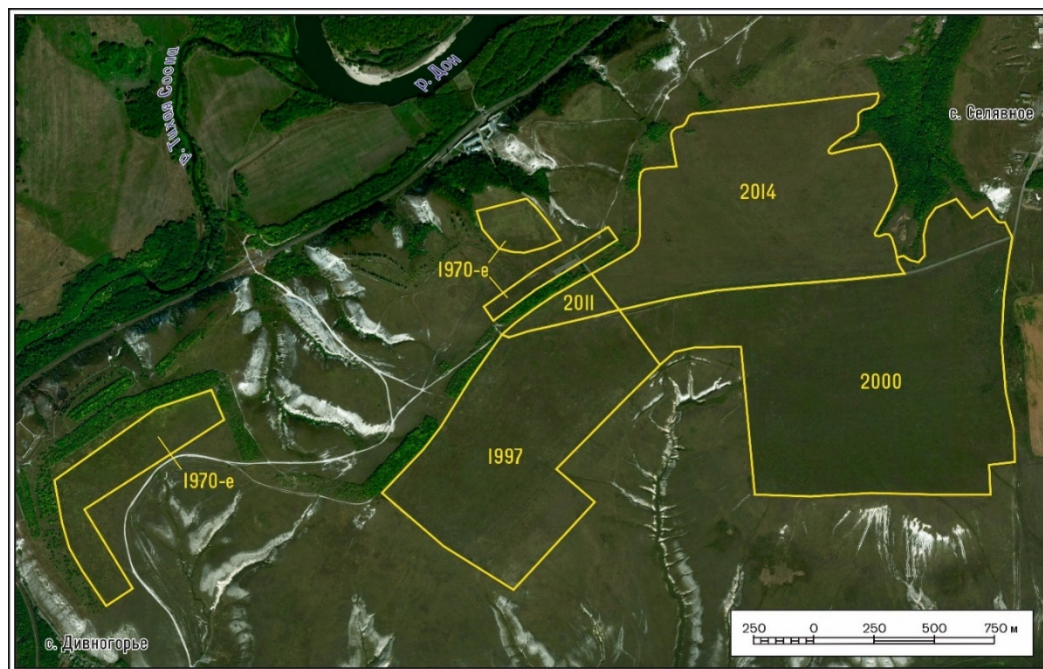


Рис. 1. Участки на территории музея-заповедника «Дивногорье», в разные годы выведенные из распашки

В качестве примера приведем характеристику некоторых ключевых участков.

Участок, выведенный из использования в 70-е годы, расположен на территории Дивногорья.

В ландшафтном отношении представляет собой слабонаклонную ($1-3^\circ$) поверхность структурной плиоценовой террасы, сложенной мергелем с разнотравно-ковыльным сообществом на остаточных карбонатных черноземах (урочище C_2^{II} на рис. 2). Границы участка с трудом диагностируются по микрорельефу (сохраняются микроборозды после распашки). Внутри участка выделяется несколько крупных фаций, формирование которых определяется разной литологией горных пород и сенокосением. В структуре растительных сообществ доминирует ковыль перистый (до 25%) из разнотравных видов шалфей поникающий и молочай степной. В пределах участка выявлены редкие экземпляры древесно-кустарниковой растительности, что объясняется, вероятно, антропогенной нагрузкой: в 90-е — выпас скота, в 2000-е — сенокосение и вырубка. Территория не подвергалась ландшафтным пожарам более 20 лет.

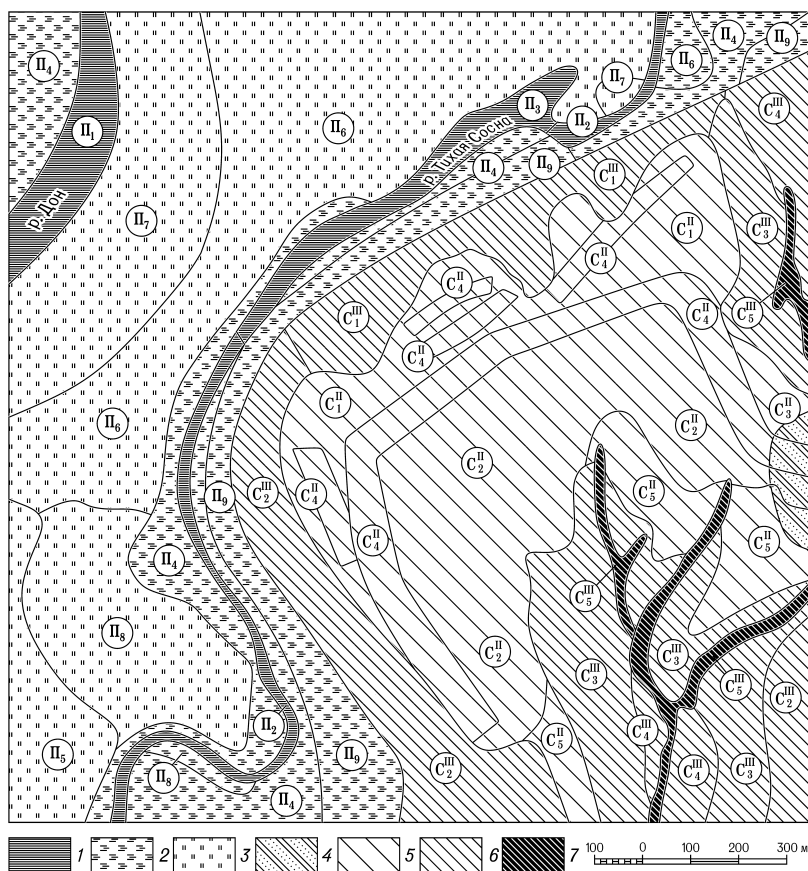


Рис. 2. Фрагмент ландшафтно-типологической карты западной части музея-заповедника «Дивногорье» (буквами обозначены типы местности, римскими цифрами — варианты типов местности, арабскими — типы урочищ) [1]

1 — русла рек Дон и Тихая Сосна; 2 — прирусловая пойма; 3 — центральная пойма; 4 — приводораздельный покатый вариант склонового типа местности; 5 — привовочный пологий вариант склонового типа местности; 6 — долино-балочный крутосклоновый вариант склонового типа местности; 7 — овраги.

Урочища: **Пойменный тип местности:** П₁ — плеса реки Дон со слабым развитием прибрежной водной растительности; П₂ — русла реки Тихой Сосны, густо поросшее тростниково-рдестово-рогозовой растительностью; П₃ — озеровидных расширений русла реки Тихой Сосны с тростниково-рогозово-кувшинковой растительностью; П₄ — прирусловой поймы со слоисто-зернистыми сильнопесчанистыми почвами и ивняковой древесно-кустарниковой растительностью; П₅ — плоской центральной поймы с зернистыми карбонатными почвами и угнетенными выпасом злаково-разнотравными лугами; П₆ — слабоволнистой поверхности центральной поймы с зернисто-карбонатными среднесуглинистыми почвами и сенокосными лугами средней продуктивности; П₇ — волнистой поверхности центральной поймы со слоисто-зернистыми карбонатными глееватыми почвами и ивово-кленовой растительностью; П₈ — слабоволнистой центральной поймы с зернистыми глубокооглееными почвами с разнотравно-злаковыми выпасаемыми лугами; П₉ — старовозрастной ивово-кленовой лесной полосы на зернисто-карбонатных почвах в присклоновой части поймы. **Склоновый тип местности:** C₁^I — покатых приводораздельных с остаточнок-карбонатными сильнощебнистыми почвами на меловом элювии и разреженными тимофеевниками; C₂^I — покатых при-водораздельных склонов с ясеневой лесополосой на с остаточнок-карбонатных почвах; C₁^{II} — покатых придолинных и прибалочных склонов с проломниково-низкоосоковыми степями на остаточнок-карбонатных почвах, подстилаемых меловым элювием; C₂^{II} — ренатуризованной степи на месте бывшей пашни в пределах слабонаклонной поверхности выравнивания р. Дон с остаточнок-карбонатными почвами; C₃^{II} — меловых корвеев с комплексом сни-

женноальпийской растительности на остаточно-карбонатных сильнощебнистых почвах; C_4^{II} — ясеневой лесопо-
лосы на придолинном склоне с остаточно-карбонатными почвами, подстилаемыми меловым элювием; C_5^{II} — пока-
тых прибалочных склонов с проломниково-низкоосоковой растительностью на смытых остаточно-карбонатных
почвах; C_1^{III} — крутых остепненных долинных склонов с фрагментами нагорных дубрав на формирующихся скелет-
ных почвах типа литосоли; C_2^{III} — крутых остепненных долинных склонов с выступами меловых останцов — див;
 C_3^{III} — остепненных сильноветвистых балок с глубокооврезанными донными оврагами и богатыми проломниково-
низкоосоково-ковыльными степями на комплексе остаточно-карбонатных и формирующихся скелетных почв;
 C_4^{III} — вогнутых днищ коротких балок с делювиальными карбонатными почвами и богатой разнотравной расти-
тельностью; C_1^{III} — свежих интенсивно растущих оврагов в мелу.

Участок, выведенный из использования в 2000 году, расположен на территории Дивно-
горья.

В ландшафтном отношении представляет собой плоскую поверхность плакора
(1°), сложенную лессовидными суглинками с разнотравно-овсяницево-мятликовым
сообществом на типичных черноземах. Границы участка хорошо выделяются по мик-
рорельефу и растительности. Внутри наблюдается мелкоконтурная (пятнистая) фа-
циальная структура. Каждая фация представляет собой контур площадью 1,5–4 м² с
доминированием какого-либо вида разнотравья на фоне общего доминирования ов-
сяницы валисской и мятлика узколистного. Ковыль встречается единичными курти-
нами. Характерна высокая закустренность, среди видов древесно-кустарниковой рас-
тительности преобладают груша дикая, роза собачья и терн. За время залежного ре-
жима не наблюдались выпас, сенокошение, рекреационная нагрузка и пожары.

Участок, выведенный из использования в 2014 году, расположен на территории Дивно-
горья.

В ландшафтном отношении представляет собой плоскую поверхность плакора
(1°), сложенную лессовидными суглинками с разнотравно-пырейным сообществом на
типичных черноземах. Границы участка очень хорошо выделяются по микрорельефу
и растительности. Внутри наблюдается мелкоконтурная (пятнистая) фациальная
структура на общем фоне доминирования пырея ползучего. Ковыля нет. Закустарен-
ность отсутствует. За время залежного режима не наблюдались выпас, сенокошение,
рекреационная нагрузка и пожары.

Участок, выведенный из использования в 1999 году, расположен за пределами Дивно-
горья.

В ландшафтном отношении представляет собой плоскую поверхность плакора
(2°), сложенную лессовидными суглинками с разнотравно-овсяницевым сообществом
на обыкновенных черноземах. Границы участка хорошо выделяются по микрорелье-
фу и растительности. Вдоль границы с двух сторон расположены лесные полосы из
ясеня обыкновенного. Внутри наблюдается мелкоконтурная (пятнистая) фациальная
структура на общем фоне доминирования овсяницы валисской. Ковыль встречается
единичными куртинами. Характерна очень высокая закустренность. Древесно-ку-
старниковая растительность представлена грушей дикой, черемухой, подростом
ясеня обыкновенного, розой собачьей и другими видами. За время залежного режима
не наблюдались выпас, сенокошение, рекреационная нагрузка и пожары.

На основе проведенных полевых наблюдений установлены следующие закономерности динамики ландшафтной структуры и растительного покрова:

1) Факторами динамики растительного покрова Донского Белогорья выступают время, климатические изменения, литогенная основа, пожары, антропогенный фактор (выпас, сенокошение, рекреационная нагрузка).

2) Прослеживается динамика доминантов растительного сообщества. Пионером заселения заброшенных полей выступает пырей ползучий. Уже на 2–3 год после выведения поля из пахотных земель он образует сначала микрогруппировки, а уже к 4–5 году выходит в абсолютные доминанты. Сопутствующим доминантом на первом этапе выступает мятлик узколистный. Позже к ним присоединяется овсяница валисская. И только на участках, существующих в режиме залежи с 70-х гг., доминантом являются ковыли (волосатик или Тырса и перистый).

Эти тенденции подтвердились и в ходе исследований других ключевых участков, но они сохраняются на водораздельном плато при достаточно хорошем перекрытии отложений мела покровными суглинками. При близком к поверхности залегании мела стадия доминирования пырея ползучего сокращается либо отсутствует, в доминанты активнее выходит овсяница валисская, за которой следует ковыль.

3) На всех участках, выведенных в 2000-х, растительному покрову свойственна ярко выраженная мозаичность фациальной структуры. Отдельные фации распространены пятнами площадью 1,5–4 м². «Пятнистость» исчезает на участках, выведенных из использования более чем 30 лет назад, на них растительность приобретает облик злаковой степи с разной степенью участия разнотравья, площадь отдельных фаций возрастает, а их появление обусловлено влиянием субстрата или наличием антропогенной нагрузки в виде сенокошения, выпаса и рекреации.

4) Наблюдается активное зарастание залежей древесно-кустарниковой растительностью. Причем эта тенденция прослеживается и при наличии источника распространения такой растительности (лесные полосы, байрачные леса) и при их отсутствии. В пределах водораздельного плато и слабонаклонных прибалочных и придолинных склонов активное расселение кустарниковой растительности наблюдается уже в первые 5–10 лет. Видовой состав весьма разнообразен. При наличии рядом лесополос это, в основном, миграция от нее, главным видом в этом случае становится ясень обыкновенный. При отсутствии источника расселения, основными видами становятся роза собачья, терн и груша дикая. Пониженной закустаренностью характеризуются участки, на которых сохраняется сенокошение или выпас. Возможный результат дальнейшего развития древесно-кустарниковой растительности — формирование лесостепи саваннового типа, что подразумевает распространение отдельно стоящих деревьев или небольших групп кустарников на фоне разнотравно-ковыльной степи.

5) Периодически повторяющимся фактором динамики растительного покрова на исследуемой территории выступают ландшафтные пожары. Локально они случаются ежегодно. Осенью 2024 года ландшафтный пожар охватил значительные пло-

щади в пределах охраняемой территории. В связи с этим в весенне-летний сезон 2025 года предстоит оценить последствия этого пожара.

Исследование осуществлено при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество», договор №02/2024-Р.

Литература

1. Бережной А. В., Мильков Ф. Н., Михно В. Б. Дивногорье: природа и ландшафты. Воронеж : Издательство Воронежского государственного университета, 1994. 128 с.
2. Быковская О. П., Горбунов А. С. 30 лет исследований территории музея-заповедника «Дивногорье» воронежскими ландшафтоведами // Региональные ландшафтные исследования : научные записки кафедры физической географии и оптимизации ландшафта Воронежского государственного университета. 2021. Вып. 5. С. 31–46.
3. Михно В. Б., Назаров И. С. Ландшафтный мониторинг территории достопримечательного места «Природно-культурный комплекс «Дивногорье» // Дивногорский сборник : труды музея-заповедника «Дивногорье». 2018. Вып. 7. С. 19–30.
4. Назаров И. С., Михно В. Б. Антропогенизация территории Коротоякского Подонья и её ландшафтно-экологические следствия // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2019. Т. 43, № 2. С. 115–123.
5. Панкратова Л. А., Ганнибал Б. К. Восстановительные сукцессии травяных сообществ в ландшафтах Южной лесостепи (Воронежская область, музей-заповедник «Дивногорье») // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. Геология. География. 2009. № 2. С. 92–95.
6. Флора Дивногорья / В. А. Агафонов и др. Воронеж : Строки, 2023. 172 с.

Ol'ga Bykovskaya, Anatolij Gorbunov

TRANSFORMATION OF STEPPE LANDSCAPES OF THE DONSKOE BELOGOR'E AFTER REMOVAL OF ANTHROPOGENIC PRESSURES

Voronezh State University
drumlina2012@yandex.ru

Abstract. The aim of the study is to determine the directions of changes in the structure of natural landscapes and the rate of restoration of conditionally rooted steppe communities on the example of plots that were taken out of agricultural turnover at different times. The following methods were used: analysis of remote sensing data, namely Landsat 1-9, Sentinel-2 images (to establish the boundaries of the plots and the year of their withdrawal from agricultural turnover) and long-term field large-scale landscape and geobotanical observations at the identified key sites. As a result of the study, the main factors of vegetation cover dynamics were determined; the sequential change of dominants during the restoration of steppe vegetation was established; as well as the nature of changes in the internal facial structure of key sites and the rate of spread of woody-shrub vegetation within the deposits.

Высоцкая А. А.^{1,*}, Медведков А. А.^{1,2}

**АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПОДХОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ
ПОЖАРООПАСНОСТИ ЛЕСОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ
БОРЕАЛЬНОЙ КРИОЛИТОЗОНЫ**

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

²Институт географии РАН

*an.vys@yandex.ru

Критически анализируются основные подходы, используемые в нашей стране для оценки пожароопасности лесов: подход Нестерова, базирующийся на анализе погодных условий; региональные (местные) шкалы пожароопасности, предложенные Н. П. Курбатским на основе эмпирически установленных закономерностей между фактической горимостью лесов и динамикой погодных условий, а также преимущественно геоботанический подход И. С. Мелехова, получивший дальнейшее развитие в работах по идентификации и картографированию растительных горючих материалов. Формулируется вопрос о влиянии геоэкологического фактора (наличия многолетней мерзлоты) на эффективность климаторегулирующей функции (формирование противопожарного потенциала) лесных ландшафтов, что требует учёта при оценке пожароопасности территорий в бореальной криолитозоне. Представляется, что дальнейшее совершенствование существующих подходов по оценке опасности лесных пожаров в криолитозоне требует более активного использования методов различных направлений ландшафтной географии (эволюционного, функционально-динамического, космического), это необходимо для выявления специфики межкомпонентного взаимодействия с учётом особенностей геоэкологических условий на разных иерархических уровнях.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_3

Современные изменения климата способны вызвать рост числа и площади лесных пожаров в бореальной криолитозоне [9]. В этих районах с конца XXI в. в зимний период — участились оттепели, уменьшилась продолжительность холодного сезона и сумма отрицательных температур, а в летнее время — чаще наблюдаются длительные жаркие засушливые условия [12]. Отмеченные тенденции обуславливают рост опасности лесных пожаров, особенно в южной криолитозоне, на территории которой фиксируются явные признаки деградации многолетней мерзлоты [3; 7]. Данные обстоятельства повышают значимость оценки потенциала пожарной опасности в условиях природно-климатических изменений, что особенно актуально для безопасности и жизнеобеспечения населения, а также охраны ландшафтов в бореальных районах Сибири [4; 11]. В этой связи важно отметить, что фактор многолетней мерзлоты, воздействующий на лесорастительные условия [10] и эффективность климаторегулирующей функции мерзлотных ландшафтов, на сегодняшний день не учитывается при оценке пожарной опасности бореальных лесов в криолитозоне, ежегодно характеризующихся значительной горимостью. Очевидно, что пожароопасные условия складываются при взаимодействии разнообразных факторов. Данное обстоятельство и опре-

деляет существующие различия в подходах к оценке пожарной опасности лесных территорий. Ниже рассмотрим наиболее распространенные из них, используемые в нашей стране.

Возникновение пожаров, а, следовательно, и пожарная опасность, напрямую связаны с погодными условиями. Соответственно, конкретные проявления этой взаимосвязи выражаются в оценке пожароопасности по условиям погоды. Первым, кто наиболее полно разработал этот вопрос, был В. Г. Нестеров [6]. Он установил связь температуры воздуха, дефицита влажности воздуха и числа дней после дождя с возможным количеством пожаров, выразив это соотношение в виде комплексного показателя. Этот показатель учитывает только метеорологические факторы. К числу факторов, влияющих на его результативность, относятся: редкая сеть метеорологических станций (особенно в азиатской части страны), условность принятой шкалы (критерии разделения на классы относятся к Европейской части лесной зоны) и единый подход, применяемый к столь разнообразной в природно-ландшафтном отношении территории страны (это влечёт недоучет региональных факторов, в т. ч. и климаторегулирующей роли разных типов леса). Позже предпринимались различные попытки улучшить данный показатель за счёт введения отдельных поправок, однако принципиально в нем ничего не изменилось. И сегодня он используется для оперативной оценки ситуации и закреплён в ГОСТе.

Логическим продолжением подхода В. Г. Нестерова стали региональные (местные) шкалы пожароопасности, предложенные Н. П. Курбатским [2]. Суть этих шкал состоит в проецировании пожароопасности по условиям погоды на местный уровень и установлении эмпирических закономерностей между фактической горимостью за лесённой территории и изменением показателей пожарной опасности по условиям погоды. Таким образом, увеличение пожароопасности выражается в росте числа возгораний и действующих пожаров. Данный подход позволяет косвенно учитывать структуру растительного покрова, характер рельефа и другие природные особенности конкретных территорий. Однако такие местные шкалы разработаны только для отдельных районов (Красноярский край, Иркутская область, Забайкальский, Камчатский, Приморский и Хабаровский края и др.). В целом, оценка пожароопасности по условиям погоды является краткосрочной, поскольку метеорологические условия очень изменчивы.

В долгосрочной перспективе пожароопасность определяется по типу леса, т. е. на первый план в оценке выходит анализ состава и структуры растительного покрова. Первые серьезные исследования в этом направлении принадлежат И. С. Мелехову [5]. По итогам исследования лесов Европейского Северо-Запада он разработал шкалу природной пожарной опасности из 5 классов. Наиболее пожароопасными является I класс, куда относятся «хвойные молодняки, места сплошных рубок, ...сосняки лишайниковые и вересковые..., поврежденные древостои...» и подобные участки леса. Для этого класса отмечается возможность возникновения низового пожара в течение всего пожароопасного сезона. Таким образом, И. С. Мелехов сравнивает разные участки леса в контексте оценки вероятности возникновения пожара и его типа. К

ограничениям данного подхода относятся качественные и нечёткие критерии, а также выраженная «привязанность» данной шкалы к лесорастительным условиям северо-запада ЕТР.

Дальнейшее развитие геоботанического подхода прослеживается в современных работах по картографированию растительных горючих материалов (РГМ). Данное направление активно развивается в работах коллег [1;8]. Ими усовершенствована классификация РГМ, в которой выделяются три группы РГМ по их роли в развитии пожара: проводники горения, поддерживающие горение и препятствующие горению. Важно отметить, что в ходе картографирования основное внимание уделяется основным проводникам горения (ОПГ), именно они и картируются, а характеристики остальных РГМ (в пределах конкретных выделов) приводятся в текстовом описании. Для ОПГ каждого выдела (это может быть лесотаксационный участок или более крупный, если речь идёт о картографировании регионального масштаба) определяется критический класс пожарной засухи (по условиям погоды). Подобные оценки могут производиться как для всего пожароопасного сезона, так и для его отдельных частей. Такие картографические материалы могут быть использованы для прогнозирования распространения пожара. Получение данных такого типа требует проведения дорогостоящих полевых работ или базируется на анализе результатов лесной таксации, зачастую характеризующихся не самым высоким качеством и слабо учитывающих ландшафтную мозаичность. Данное обстоятельство имеет особое значение для южной криолитозоны, территории которой характеризуются значительной дифференциацией природно-ландшафтных условий, столь характерной для экотонов.

Проблема оценки пожарной опасности лесов в действительности далеко выходит за рамки сложившихся подходов, особенно это заметно на примере территорий с особыми природными условиями (например, в криолитозоне). В этой связи представляется, что значительный вклад в дальнейшее развитие подходов по оценке пожарной опасности должны внести данные и методы палеогеографии и ландшафтоведения (в т. ч. геофизики ландшафтов). Представляется, что необходимые результаты для выявления межкомпонентных связей с целью оценки потенциала пожароопасности типов леса могут быть получены на ключевых участках высокой репрезентативности в ходе проведения полевых исследований, а в последующем они могут быть экстраполированы с использованием данных дистанционного зондирования (спектральные характеристики ландшафтов) на большие по площади территории. Таким образом, проблема охраны лесов от пожаров требует не только дальнейшего фундаментального изучения, но и совершенствования на основе полученных знаний как существующих алгоритмов оценки пожарной опасности, так и создания новых технологий в этой сфере.

Литература

1. Волокитина А. В., Софронов М. А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. Новосибирск : СО РАН, 2002. 306 с.

2. Курбатский Н. П. Методические указания для разработки местных шкал пожарной опасности в лесах. Ленинград, 1954. 33 с.
3. Медведков А. А. Как глобальное потепление меняет природу сибирской тайги? // Природа. 2016. № 12. С. 40–47.
4. Медведков А. А., Котова М. В. Противопожарный потенциал лесов водоохранной зоны Байкал (на примере Байкало-Ленского заповедника) // Известия РАН. Серия географическая. 2020. № 5. С. 764–775.
5. Мелехов И. С. Природа леса и лесные пожары. Архангельск : ОГИЗ, 1947. 60 с.
6. Нестеров В. Г. Горимость леса и методы ее определения. М. ; Ленинград : тип. Гизлегпрома, 1949. 76 с.
7. Шишконокова Е. А., Аветов Н. А., Толпышева Т. Ю., Тарлинская А. А. Растительная индикация термокарстовых образований бугристых болот в южной части парка Нумто (Западная Сибирь) // Социально-экологические технологии. 2019. Т. 9, № 1. С. 27–57.
8. Софронов М. А., Волокитина А. В. Классификация растительных горючих материалов // Лесоведение. 1996. № 3. С. 38–44.
9. Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability / Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, 2023.
10. Medvedkov A. A., Vysotskaya A. A., Olchev A. V. Detection of Geocryological Conditions in Boreal Landscapes of the Southern Cryolithozone Using Thermal Infrared Remote Sensing Data: A Case Study of the Northern Part of the Yenisei Ridge // Remote Sensing. 2023. Vol. 15, № 2.
11. Medvedkov A. A. The kets ethnos and its “feeding landscape”: ecological-geographical and socio-ecological problems under globalization and changing climate // Geography, Environment, Sustainability. 2013. Vol. 6, № 3. P. 108–118.
12. Groisman P. Y., Sherstyukov B. G., Razuvaev V. N. et al. Potential forest fire danger over Northern Eurasia: Changes during the 20th century // Global and Planetary Change. 2007. Vol. 56. P. 371–386.

Anna Vysotskaya^{1,*}, Alexey Medvedkov^{1,2}

**ANALYSIS OF THE MAIN APPROACHES FOR FOREST FIRE RISK
ASSESSMENT APPLIED TO THE CONDITIONS OF THE BOREAL
CRYOLITHOZONE**

¹Lomonosov Moscow State University

²Institute of Geography, Russian Academy of Sciences

*an.vys@yandex.ru

The main approaches used in our country to assess forest fire risk are critically analyzed: the Nesterov approach, based on the analysis of weather conditions; regional (local) fire risk scales proposed by N. P. Kurbatsky based on empirically established patterns between the actual burning of forests and the dynamics of weather conditions, as well as the predominantly geobotanical approach of I. S. Melekhov, called further development in the identification and mapping of vegetable combustible materials. The question of the influence of the geocryological factor (the presence of permafrost) on the effectiveness of the climate-regulating function (formation of fire-fighting potential) of forest landscapes is formulated, which requires consideration when assessing the fire risk of territories in the boreal cryolithozone. It seems that further improvement of existing approaches to assessing the risk of forest fires in the cryolithozone requires more active use of methods from various directions of landscape geography (evolutionary, functional-dynamic, cosmic), this is necessary to identify the specifics of inter-component interaction, taking into account the peculiarities of geocryological conditions at different hierarchical levels.

Д. А. Дирин¹, Д. А. Козлова²

ВНУТРИРЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

¹Тюменский государственный университет, г. Тюмень

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
d.a.dirin@utmn.ru

Статья посвящена анализу территориальной специфики изменений природопользования в разных частях Республики Алтай, вызванных климатическими изменениями. В разных ландшафтных и социально-экономических условиях изменения климата дают различный эффект и разную реакцию общественных систем. На основе статистического анализа и, в большей степени, данных интервьюирования и невключённого наблюдения, делаются выводы об основных тенденциях трансформации природно-хозяйственных систем в регионе, выражающихся в смене специализации, режима хозяйственной деятельности, а также пространственных смещениях зон природопользования. Наибольшее воздействие на системы природопользования климатические изменения оказывают на территории межгорных котловин Центрального и Юго-Восточного Алтая. Особенно сильно изменилась животноводческая отрасль. В Юго-Восточном Алтае поменялась структура стада (растёт поголовье КРС и особенно коней, сокращается — овец и коз), изменились пастбищеобороты. В Центральном Алтае снижается поголовье скота всех видов в личных подсобных хозяйствах. Выявлено, что общественные нарративы о трендах климатических изменений далеко не всегда подтверждаются данными гидрометеорологического мониторинга. Некоторые трансформации природно-хозяйственных систем, причина которых ранее виделась в климатических изменениях, на самом деле имеют институциональную природу.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_4

Введение. Проблема региональных особенностей глобальных изменений климата, их влияние на природные и общественные системы конкретных территорий, особенности адаптации местных сообществ к происходящим изменениям обсуждаются уже несколько десятилетий. Одним из репрезентативных регионов для подобных исследований является Горный Алтай [1].

Географы обычно применяют методы объективного анализа для выявления взаимосвязей между изменениями климата и динамикой территориальных общественных систем (например, статистический анализ, дистанционное зондирование, ГИС-моделирование и пр.). Однако при этом всегда сохраняется вероятность ошибки интерпретации фактических данных и недоучёта действия иных, не климатических факторов при установлении причинно-следственных связей между явлениями. В связи с этим целесообразным представляется использование опросных методов при выявлении социально-экономических последствий климатических изменений на внутрирегиональном уровне.

Материалы и методы исследования. Настоящая статья посвящена социально-географическому анализу внутрирегиональных особенностей трансформации территориальных систем природопользования в Республике Алтай под воздействием

Таблица 1

Количество и тип занятости респондентов, место интервьюирования

Место интервьюирования	Количество респондентов								
	Предприниматель / руководитель предприятия	Наёмный работник (сельское хозяйство, промысловое хозяйство)	Наёмный работник сферы обслуживания	Государственный служащий	Самозанятый	Сотрудник ООПТ	Военнослужащий	Студент	Пенсионер/безработный
Северо-Западный Алтай									
с. Усть-Кан	1	1	1	1	-	-	-	-	1
с. Коргон	1	1	1	-	-	-	-	-	-
с. Кырлык	-	-	1	-	1	-	-	-	1
с. Ябоган	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Северный Алтай									
г. Горно-Алтайск	1	-	1	1	1	-	1	1	1
с. Майма	1	1	1	1	-	-	-	1	-
с. Манжерок	-	-	1	-	1	-	-	-	1
с. Элекмонар	1	1	1	-	1	-	-	-	-
с. Чемал	2	1	1	1	2	-	-	1	-
с. Черга	-	1	1	-	-	-	-	-	1
Северо-Восточный Алтай									
с. Турочак	1	1	1	1	1	-	-	-	1
с. Артыбаш	1	1	1	-	1	1	-	-	-
с. Иогач	1	1	1	-	-	-	-	-	-
с. Чоя	1	1	1	1	-	-	-	-	-
Центральный Алтай									
с. Усть-Кокса	1	-	1	1	1	1	1	-	1
с. Мульта	1	-	1	-	2	1	-	-	-
с. Нижний Уймон	1	-	2	-	1	-	-	-	1
с. Чендек	-	-	1	1	1	-	-	-	1
с. Тюнгур	1	1	2	-	-	-	-	-	1
с. Онгудай	1	1	1	1	1	-	-	-	1
Восточный Алтай									
с. Улаган	-	-	1	2	1	-	-	-	1
с. Балыктуюль	1	-	1	-	1	-	-	-	1
с. Балыкча	1	-	1	-	1	-	-	-	-
Юго-Восточный Алтай									
с. Кош-Агач	3	1	1	3	1	2	-	1	1
с. Жана-Аул	-	-	2	-	1	-	-	-	-
с. Кокоря	1	-	1	-	1	-	-	-	-
с. Теленгит-Сортогой	-	-	-	-	-	-	1	-	1
с. Тобелер	1	-	-	-	-	1	-	-	1
с. Чаган-Узун	2	-	1	-	2	-	-	-	-
с. Беяши	4	-	-	1	-	1	-	-	-
Плоскогорье Уюк	1	3	-	-	-	-	3	-	-

климатических изменений. Фактологической основой исследования стали данные 149 интервью, взятых в 2023–2024 гг. в 31 точке, локализованных во всех административных районах республики, характеризующихся различным сочетанием природных и социально-экономических условий. Респондентами при этом выступали представители разных этнокультурных и профессиональных сообществ, различных возрастных групп (Таблица).

Анализ трендов климатических изменений и их внутрирегиональной дифференциации осуществлялся по массивам основных фиксируемых метеорологических данных (температура воздуха, осадки, и пр.) по всем 11 действующим гидрометеорологическим станциям Республики Алтай (Горно-Алтайск, Яйлю, Усть-Кан, Усть-Кокса, Турочак, Кызыл-Озёк, Чемал, Онгудай, Катанда, Кош-Агач, Кара-Тюрек) за период 1991–2023 гг. Эти данные были выгружены из базы Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF) пятого поколения для глобального климата и погоды (ERA5).

Обобщение и интерпретация данных внутрирегиональной дифференциации закономерностей и особенностей влияния климатических изменений осуществлялась в границах физико-географических провинций, выделенных в схеме районирования Г. С. Самойловой [2].

Результаты и обсуждение. Тренды изменения климата на Алтае. В исследуемый период общей тенденцией изменения климата на Алтае является постепенное повышение среднегодовых температур воздуха и усиление аридности на большей части территории горной страны. Рост среднегодовых температур в целом характерен для всех высотных поясов и физико-географических районов исследуемой территории, однако на этом фоне наблюдаются значительные территориальные флуктуации [3]. На внутрирегиональном уровне при этом довольно отчётливы различия в сезонной динамике термического режима и увлажнения: Северный Алтай — значительное потепление ($+1,5^{\circ}\text{C}$) при значительном увеличении осадков ($+22\text{ мм}$) — рост увлажнённости; Северо-Западный Алтай — значительное потепление ($+1,5^{\circ}\text{C}$) при сокращении осадков ($-4,4\text{ мм}$) — аридизация; Северный Северо-Восточный Алтай — значительное потепление ($+1,5^{\circ}\text{C}$) при значительном сокращении осадков (-20 мм) — аридизация; высокогорья Центрального Алтая — потепление ($+1^{\circ}\text{C}$) при существенном увеличении осадков ($+18\text{ мм}$) — рост увлажнённости; котловины Центрального Алтая — максимальное потепление ($+2,1^{\circ}\text{C}$) при небольшом увеличении осадков ($+12\text{ мм}$) — аридизация; котловины Юго-Восточного Алтая — максимальное потепление ($+1,9^{\circ}\text{C}$) при уменьшении осадков (-5 мм) — аридизация.

Северо-Западный Алтай охватывает бассейны рек Чарыш и Ануй. В административном отношении практически соответствует Усть-Канскому району Республики Алтай. Хозяйственная специализация сугубо животноводческая (скотоводство, овцеводство, козоводство, коневодство, пантовое оленеводство, пчеловодство). Подсобное значение имеют огородничество и сбор дикорастущих растений.

Из климатических изменений информанты отмечают, что летом в течение длительного времени бывают экстремально высокие температуры. С этим фактором связывают ухудшение продуктивности пастбищ и сенокосов.

Северный Алтай — самая экономически развитая и освоенная физико-географическая провинция Горного Алтая. Занимает нижнюю часть бассейна р. Катунь в пределах Майминского, Чемальского, Шебалинского районов и граничит с Алтайским краем. В настоящее время это территория наиболее активного развития туризма. Также присутствует сельское хозяйство (скотоводство, пантовое оленеводство, овцеводство, пчеловодство), лесное хозяйство, строительная индустрия.

Респонденты отмечают, что из климатических изменений стало больше ливневых дождей, чаще выпадает град. Заморозки приходят позже, чем раньше, при этом снег весной также сходит раньше. Характерна резкая смена погодных условий. Кроме того, с изменениями климата связывают учащение лесных пожаров.

Относительно влияния на хозяйственную деятельность и быт отмечают лишь ухудшение условий садоводства и огородничества (из-за возвратных заморозков и градов, ураганов), а также проблемы с дорожно-транспортными условиями (обледенение трассы и т. п.). Самая серьёзная проблема — учатившиеся наводнения на р. Катунь и её притоках. Глубокие трансформации же природно-хозяйственных систем связывают не с климатом, а с бурным развитием туризма и приходом крупного капитала инвесторов федерального уровня.

Северо-Восточный Алтай охватывает бассейн Телецкого озера, рр. Бия и Лебедь. Это территории преимущественно Турочакского и Чойского районов. Основу хозяйственной деятельности здесь традиционно составляли лесозаготовки, лесные промыслы (охота, сбор дикоросов) с подсобным огородничеством, скотоводством и коневодством. В настоящее время бурно развивается туризм.

Из значимых климатических изменений респонденты отмечают засушливость весенне-летних периодов и связанные с этим лесные пожары, а также ливневые дожди осенью. Тем не менее, не считают, что климатические изменения оказали какое-то существенное влияние на природно-хозяйственные системы этой территории.

Центральный Алтай охватывает всю верхнюю и среднюю часть бассейна р. Катунь с её крупными притоками (Кокса, Урсул, Сема и пр.). Это Онгудайский, Усть-Коксинский и север Кош-Агачского района. Здесь расположены самые высокогорные хребты Алтая с крупными узлами современного оледенения, а также ряд межгорных котловин. Для данной физико-географической провинции характерен наиболее полный набор высотных поясов от горностепного до нивально-гляциального. В природопользовании преобладает многопрофильное сельское хозяйство (скотоводство, овцеводство, коневодство, мараловодство, пчеловодство, зерновое и кормовое земледелие, подсобное свиноводство и огородничество), лесное хозяйство, туризм.

Респонденты указывают на рост повторяемости экстремальных погодных условий (ливней, ураганных ветров, снегопадов, морозов) и связанных с ними неблагоприятных и опасных природных явлений, таких как лесные пожары, наледи, лавины,

камнепады, оползни и пр. Также отмечают длительность жарких периодов летом. Основные последствия этих климатических изменений для хозяйственной деятельности населения заключаются в ухудшении условий животноводства и смене специализации деятельности значительной части населения.

Люди переориентируются в своей экономической деятельности на обслуживание туристов: строят и сдают гостевые дома, предоставляют транспортные услуги. Популярным и прибыльным занятием стало пчеловодство, так как высокогорный мёд пользуется спросом у туристов.

Частые летние засухи ведут к сокращению земледелия в целом (особенно его продовольственного направления) и сохранению его преимущественно в форме кормопроизводства.

Респонденты также обращают внимание на экспансию лесной растительности как на верхней границе распространения, так и в межгорных котловинах. Постепенно зарастают лесом бывшие сельхозугодья.

Восточный Алтай занимает Улаганское нагорье, Чулышманское плоскогорье с окружающими их средне- и высокогорными хребтами в Улаганском и частично Кош-Агачском районах. Территория слабоосвоена и преимущественно занята горной тайгой. Население занято преимущественно животноводством, однако поголовье здесь не такое значительное как в Юго-Восточном или Центральном Алтае, что информанты связывают с недостатком пастбищных угодий. Характерной особенностью является тот факт, что респонденты не отмечают значительных изменений в климатических условиях района. Указывают только на учащение сильных ветров, а также на гипотетически связанные с климатическими изменениями лесные пожары на соседних территориях и увеличившуюся популяцию медведей.

Юго-Восточный Алтай занимает высокогорные хребты, крупные межгорные котловины и обширное плоскогорье в южной части Кош-Агачского и Улаганского районов. Это одна из самых высокогорных частей Алтая отличается наиболее экстремальными климатическими условиями. Основная экономическая специализация этой территории — отгонное животноводство (преимущественно скотоводство, коневодство и овцеводство, присутствует также яководство и верблюдоводство). Именно для этой физико-географической провинции характерна наибольшая обеспокоенность населения климатическими изменениями, отражающимися на повседневной жизни людей.

Респонденты обращают внимание на резкие перепады в метеорологических условиях, в частности, зимне-весенние оттепели, сменяющиеся похолоданиями с образованием ледяной корки, препятствующей доступу к естественному корму для выпасаемых животных. Кроме того, указывают на то, что снега и дождей стало гораздо больше.

При этом данные с метеостанции Кош-Агач, напротив, указывают на небольшое сокращение среднегодового количества осадков. Объясняется такая несогласованность, очевидно, смещением на осенне-зимний период выпадения основной доли годовых осадков, а также экстремальными по количеству осадков годами, показатели

которых «растворяются» в среднемноголетней статистике, но напротив, закрепляются в коллективном сознании населения.

Также отмечается проблема протаивания многолетней мерзлоты. Эти факторы приводят к существенным трансформациям природопользования и быта.

Респонденты отмечают существенное изменение системы пастбищеоборотов. Например, традиционные зимние пастбища уже используются в летний период. Многие пастбищные угодья стали заболачиваться или подвергаться солифлюкционным процессам из-за протаивания многолетней мерзлоты. Однако, по нашим исследованиям, это связано зачастую не с природными, а с институциональными причинами, например, с введением прав собственности на землю, распределением арендуемых участков и пр.

С изменениями климата связывают снижение продуктивности пастбищных угодий и меньшую рентабельность животноводства. Это вызывает усиление конкуренции за пастбищные и сенокосные угодья.

Климатические изменения явились одной из причин изменения структуры стада в Юго-Восточном Алтае. Общая тенденция — быстрое сокращение мелкого рогатого скота при увеличении КРС и особенно лошадей. Овцы и козы не способны зимой добывать корм из-под слоя снега более 15 см, и особенно из-под наста или ледяной корки, образующейся после оттепелей. Кроме того, именно они обычно становятся жертвами хищников.

Однако и в этом вопросе ключевую роль играют, скорее, неклиматические факторы, прежде всего, трудозатратность и стоимость услуг пастухов для разных видов животных.

Респонденты в Чуйской котловине отмечают, что к изменениям климатических условий люди вынуждены адаптироваться в том числе меняя правила строительства (например, стали использовать винтовые сваи вместо обычного ленточного фундамента; также все дома теперь строят с 2–4-скатными крышами, в прошлом нехарактерными для этой территории).

Выводы. Резюмируя вышесказанное, можно сделать ряд выводов:

1. Процессы изменения климата имеют внутрирегиональную инвариантность, что определяет разную реакцию природных и культурных ландшафтов, разные адаптивные модели местных сообществ.

2. Наиболее сильные климатообусловленные трансформации природно-хозяйственных систем характерны для Центрального и особенно Юго-Восточного Алтая.

3. Главными последствиями трансформации общественных территориальных систем в связи с климатическими изменениями являются пространственно-временные смещения хозяйственной деятельности, изменение специализации хозяйственной деятельности, географические смещения системы расселения и инженерной инфраструктуры.

4. Сложившиеся у местных сообществ представления о тенденциях изменения климата не всегда соответствуют объективным данным, однако именно они обычно определяют принимаемые решения в сфере природопользования.

5. Некоторые трансформации природно-хозяйственных систем, причина которых ранее виделась в климатических изменениях, на самом деле имеют институциональную природу.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 23-27-00429.

Литература

1. Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона : оценочный доклад / под ред. А. О. Кокорина. М., 2011. 168 с.

2. Самойлова Г. С. Ландшафтная структура физико-географических регионов Алтае-Саянской страны // Сб. Моск. об-ва испытателей природы. Землеведение. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1990. Т. XVII. С. 53–66.

3. Харламова Н. Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона : монография. Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2013. 156 с.

Denis Dirin¹, Diana Kozlova²

INTRAREGIONAL FEATURES OF THE TRANSFORMATION OF THE NATURE ECONOMY SYSTEMS OF THE ALTAI REPUBLIC UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE

¹Tyumen State University, Tyumen

²Southern Federal University, Rostov-on-Don

d.a.dirin@utmn.ru

The article is devoted to the analysis of the territorial specifics of changes in environmental management in different parts of the Altai Republic caused by climatic changes. In different landscape and socio-economic conditions, climate change has different effects and different reactions of social systems. Based on statistical analysis and, to a greater extent, data from interviews and non-included observation, conclusions are drawn about the main trends in the transformation of natural and economic systems in the region, expressed in a change in specialization, mode of economic activity, as well as spatial shifts in environmental management zones. Climatic changes have the greatest impact on environmental management systems in the territory of the intermountain basins of the Central and Southeastern Altai. The livestock industry has changed especially dramatically. In the Southeastern Altai, the structure of the herd has changed (the number of cattle and especially horses is growing, sheep and goats are decreasing), pasture turnover has changed. In the Central Altai, the number of livestock of all types in private farms is decreasing. It has been revealed that public narratives about trends in climate change are not always confirmed by hydrometeorological monitoring data. Some transformations of natural and economic systems, the cause of which was previously seen in climate change, have an institutional nature.

Е. В. Жигулина

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ДИНАМИКА ДОЛИННО-РЕЧНЫХ ЛАНДШАФТОВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Воронежский государственный университет

evkand@yandex.ru

В статье рассматривается современное состояние и динамика долинно-речных ландшафтов Воронежской области, выявлены динамические процессы различной интенсивности, которые особенно ярко проявляются на уровне структурной организации пойменного типа местности, для других типов также характерно снижение ландшафтного разнообразия, устойчивости, бонитета и ряда других позитивных свойств природно-территориальных комплексов. Имеющаяся информация позволила четко ограничить внутривековой период развития долинно-речных ландшафтов Воронежской области, что привело к выявлению различных степеней динамики долинно-речных ландшафтов. В основу выделения степени динамики долинно-речных ландшафтов было положено скорость изменения длины русел рек и разная интенсивность влияния естественных и антропогенных факторов. Данный учет этого обстоятельства необходим для своевременного решения задач рационального природопользования и оптимизации экологической обстановки на территории Воронежской области.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_5

Долинно-речные ландшафты играют ключевую роль в сохранении природной среды и обеспечении комфорта для населения. Изучение их современного состояния, выявление основных проблем и разработка комплекса мероприятий по оптимизации ландшафтно-экологической обстановки являются неотъемлемой частью совершенствования системы природопользования и решения экологических проблем региона.

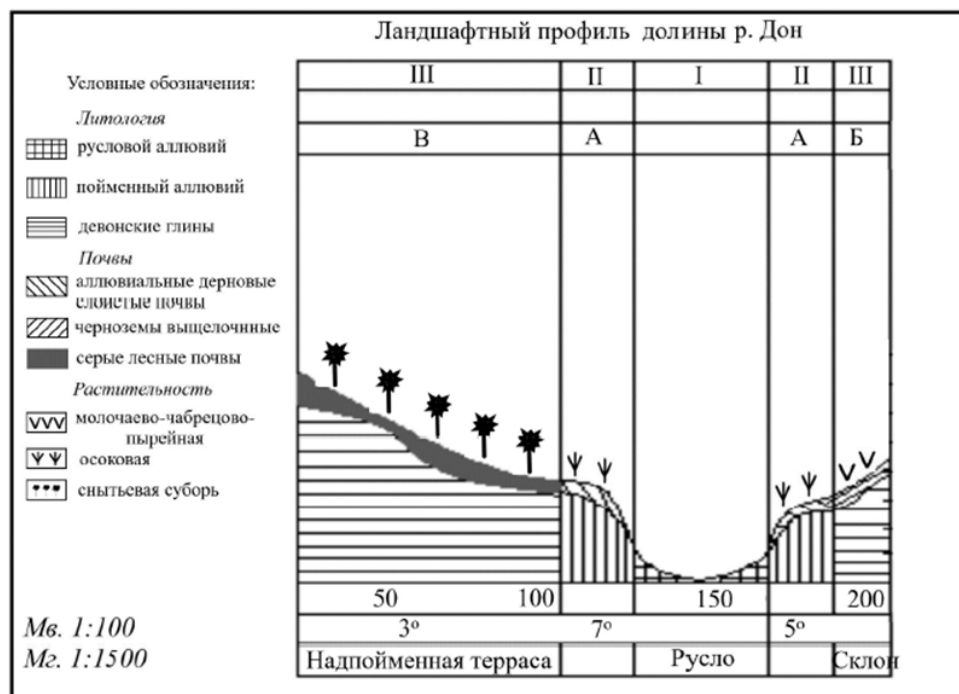
В настоящее время наблюдается в структурной организации долинно-речных ландшафтов наблюдается ряд изменений, которые проявляются в снижении ландшафтного разнообразия, устойчивости, бонитета и ряда других позитивных свойств природно-территориальных комплексов.

Долинно-речной ландшафт — сложная парагенетическая и парадинамическая система, состоящая из речного русла, поймы, надпойменных террас, коренных склонов [4].

В ландшафтно-типологическом отношении долина реки Верхнего Дона включает 3 типа местности: пойменный, надпойменно-террасовый и склоновый (рис. 1).

В Воронежской области динамика долинно-речных ландшафтов зависит от естественных (локальные тектонические поднятия, изменение климата и др.) и антропогенных факторов. Динамика долинно-речных проявляется с разной интенсивности, а для малых рек характерно регрессивное развитие долин рек.

Так, исчезновение ряда малых рек вызвало достаточно интенсивную трансформацию долинно-речных ландшафтов. В ряде речных долин деградировал пойменный тип местности, видоизменились надпойменно-террасовые и склоновые местности. Об этом наглядно свидетельствуют, прежде всего, структурные изменения ландшафтов на уровне фаций и урочищ [2,3].



Условные обозначения:

I – урочище русла реки на русловом аллювии;

II – урочище речной поймы с лугово-разнотравной растительностью на аллювиальных пойменных слоистых почвах;

III – урочище коренного склона речной долины с лугово-разнотравной растительностью на аллювиальных дерновых слоистых почвах;

III – урочище первой надпойменной террасы со снытьевой суборью на серых лесных почвах.

Рис. 1. Ландшафтный профиль долины реки Дон у Новожиловинского сельского поселения Рамонского района Воронежской области

Имеющаяся информация позволила четко ограничить внутривековой период развития долинно-речных ландшафтов Воронежской области с 1964 г. по 2008 г. [1,5]. Этот отрезок времени отражает наиболее полные данные о развитии рассматриваемых ландшафтов в прошлом и настоящем (табл. 1).

Используя в качестве индикатора скорость изменения длины русел рек, было установлено три степени динамики долинно-речных ландшафтов (рис. 2):

- **высокая** (изменение длины русла реки от 100 до 500 м в год) — река под воздействием естественных и антропогенных факторов практически полностью изменила свой гидрологический режим, что привело к интенсивной динамике и трансформации долинно-речных ландшафтов Воронежской области [2]. К данной категории относятся долины рек Курлак, Песчанка, Татарка, Левая Богучарка, Кантемировка, Рос-

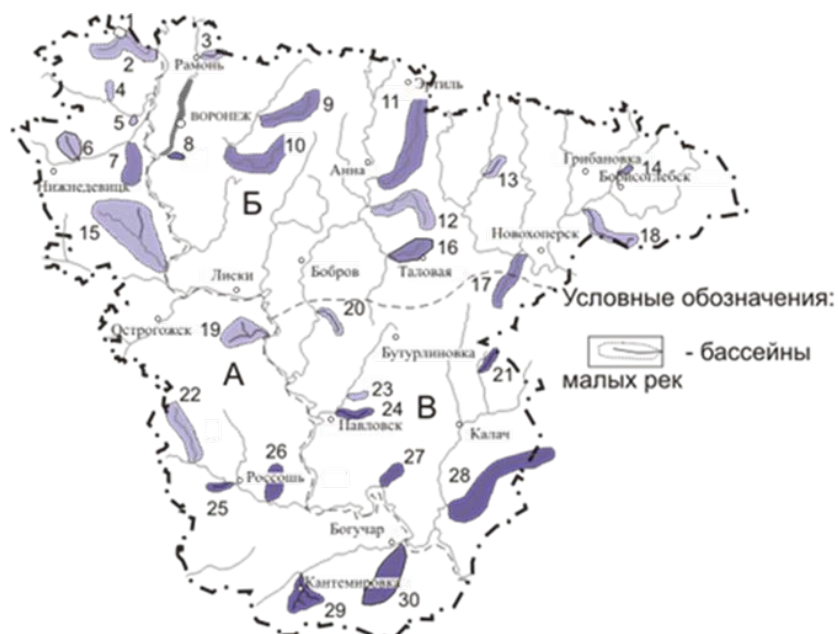
Таблица 1

Изменение длины русел малых рек и динамика ландшафтов Воронежской области

Название реки	Длина рек, км		
	1964 г. [5]	2008 г. [1]	Степень динамики ландшафтов
Окско-Донская низменная равнина			
Нижний Кисляй	13	12,1	низкая
Правая Хава	45	43,1	низкая
Курлак	78	73	высокая
Сухая Чигла	44	40,3	средняя
Ивница	23	24	низкая
Песчанка	18	4	высокая
Тишанка	56	55,3	низкая
Красная	43	42	низкая
Татарка	38	33,3	высокая
Среднерусская возвышенность			
Еманча	35	31,8	средняя
Левая Богучарка	61	38,3	высокая
Кантемировка	28	17,4	высокая
Ольшанка	24	22,9	низкая
Россошь	70	58,2	высокая
Быстрик	14	13,3	низкая
Гнилуша	25	23,4	низкая
Девица	54	51,6	средняя
Малая Меженка	28	20	высокая
Калачская возвышенность			
Криуша	86,6	77,7	высокая
Манина	45	39,8	высокая
Данило	25	24,1	низкая
Гаврило	48	30,5	высокая
Мамоновка	35	22,8	высокая

сошь, Малая Меженка, Криуша, Манина, Гаврило, Мамоновка и др. Например, река Песчанка и ее долина — левый приток р. Воронеж (Воронежского водохранилища) длина реки от истока до устья составляет 18 км. Долина реки под воздействием антропогенных факторов сильно изменилась. Так за последние 25 лет верховья реки превратилось в суходол, а в нижней части, от железнодорожного моста до устья, произошло подтопление Воронежским водохранилищем. Кроме того, долго время велась распашка пойменных земель и вырубка древесной растительности способствовали нарушению гидравлической связи реки и подземных вод. Данные обстоятельства привели к динамике долины реки и сокращению площади водосбора.

- **средняя** (изменение длины русла реки от 50 до 100 м в год) — река и ее долина подвержены незначительным изменениям, что слабо отразилось на долинно-речных ландшафтах [2]. К данной категории относятся бассейны рек Сухая Чигла, Еманча, Девица и др. Например, река Сухая Чигла и ее долина — правый приток Чиглы. Длина реки — 44 км. В настоящее время долина реки сильно деградировала. Произошло упрощение ландшафтной структуры за счет сокращения древесной и кустарниковой



Скорость изменения длины русел малых рек как индикатор трансформации долинно-речных ландшафтов: высокая (изменение длины русла реки от 100 до 500 м в год); средняя (изменение длины русла реки от 50 до 100 м в год); низкая (изменение длины русла реки менее 50 м в год)

Условные обозначения:

Бассейны малых рек: 1 - р. Быстрик; 2 - р. Верейка; 3 - р. Ивница; 4 - р. Серебрянка; 5 - р. Гнилуша; 6 - р. Ольшанка; 7 - р. Еманча; 8 - р. Песчанка; 9 - р. Правая Хава; 10 - р. Тамлык; 11 - р. Курлак; 12 - р. Тишанка; 13 - р. Красная; 14 - р. Чигорак; 15 - р. Девица; 16 - р. Сухая Чигла; 17 - р. Татарка; 18 - р. Калмычок; 19 - р. Сарма; 20 - р. Кисляй; 21 - р. Манина; 22 - р. Ольховатка; 23 - р. Данило; 24 - р. Гаврило; 25 - р. Свинуха; 26 - р. Малая Меженка; 27 - р. Мамоновка; 28 - р. Криуша; 29 - р. Кантемировка; 30 - р. Лев. Богучарка.

Районы ландшафтов бассейнов малых рек:

А - Среднерусский; Б - Окско - Донской; В - Калачский.

Рис. 2. Динамика долинно-речных ландшафтов Воронежской области

растительности, также наблюдается снижение водности реки и ее обмеление, местами средняя глубина составляет 0,5–0,6 м. Строительство каскадов прудов и водохранилищ (6 водохранилищ и 22 прудов) привело к изменению гидрологического режима реки и динамику долинно-речных ландшафтов.;

- **низкая** (изменение длины русла реки менее 50 м в год) — естественная и антропогенная нагрузка на реку практически отсутствует или полностью отсутствует, что

положительно сказывается на гидрологическом режиме реки и проявляется в устойчивом развитии ландшафтов ее бассейна [2]. К данной категории относятся бассейны рек Нижний Кисляй, Правая Хава, Ивница, Тишанка, Красная, Ольшанка, Быстрик, Гниуша, Данило и др. Например, река Ивница и ее долина является левым притоком р. Воронеж, ее длина составляет 23 км. Долинно-речные ландшафты располагаются в пределах Воронежского государственного природного биосферного заповедника. Площадь водосбора реки на 80 % покрыта лесом. Антропогенное воздействие отсутствует, что говорит о малоизмененности долинно-речных ландшафтов.

Проведенные расчеты позволяют сделать вывод о том, что наиболее интенсивная динамика долинно-речных ландшафтов Воронежской области свойственна южной и западной части Воронежской области, располагающейся на Среднерусской и Калачской возвышенностях. Менее интенсивно эти процессы проявятся в северной части области на территории Окско-Донской низменной равнины (рис. 3).

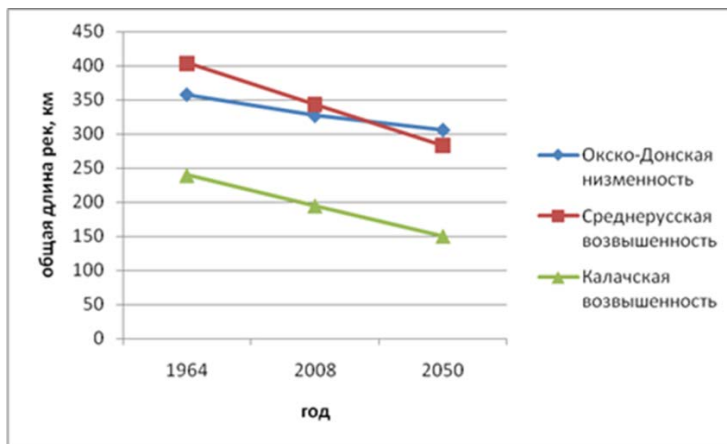
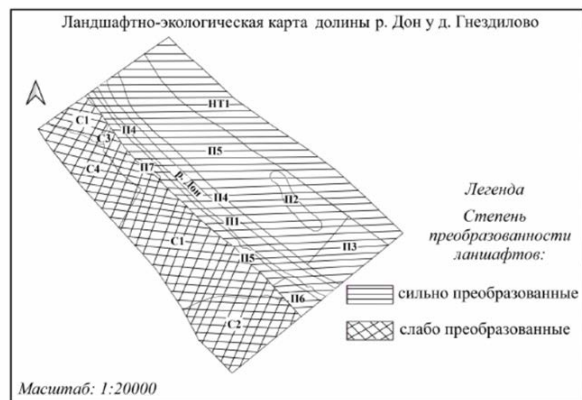


Рис. 3. Региональные особенности изменения общей длины русел малых рек Воронежской области

Особенно существенны изменения структуры долинно-речных ландшафтов произошли в рамках пойменного типа местности на тех участках речных долин, где исчезли русла рек и понизился уровень подземных вод, что предопределило здесь интенсивную трансформацию пойменных наземных и аквальных комплексов. В результате этого произошла перестройка взаимосвязей между многими физико-географическими компонентами пойменных урочищ, что привело к коренным изменениям последних, а порой предопределило их деградацию (рис. 4). В частности, в ряде мест исчезли аквальные комплексы озер-старич и речных русел, деградировали болота и заливные луга, черноольшанники и другие характерные урочища пойменного типа местности. В итоге пойменный тип местности утратил свойственные ему признаки и перешел в стадию постпойменного состояния [2] (рис. 5).

Ландшафты, находящиеся в постпойменном состоянии по совокупности свойств, обычно занимают переходное положение между пойменным и надпой-



Условные обозначения: Сильно преобразованные ландшафты: С1 – урочище плотной малозатражной застройки сельского типа на коренном склоне речной долины с черноземами выщелоченными; С2 – урочище редколесий на склоне речной долины с черноземами выщелоченными; С3 – урочище задернованной балки на коренном склоне речной долины с черноземами выщелоченными; С4 – урочище лугов на коренном склоне с черноземами выщелоченными. Средне преобразованные ландшафты: П1 – урочище песчаного среднеглубокого (до 3 м) речного русла на аллювиальных отложениях; П2 – урочище заросшего среднеглубокого озера-старича с иловато-болотными отложениями; П3 – урочище распаханной поверхности высокой поймы со слоисто-зернистыми суглинистыми почвами; П4 – урочище сильно задернованной низкой поймы на пойменном аллювии; П5 – урочище разнотравных пойменных лугов со слоисто-зернистыми суглинистыми почвами; П6 – урочище распаханной поверхности низкой поймы со слоисто-зернистыми суглинистыми почвами; П7 – малозатражной сельтбы на высокой пойме со слоисто-зернистыми суглинистыми почвами. Слабо преобразованные ландшафты: НТ1 – урочище сыпцевых суборей на первой надпойменной террасе с серыми лесными почвами.

Рис. 4. Ландшафтно-экологическая карта долины реки Дон у д. Гнездилово Рамонского района Воронежской области

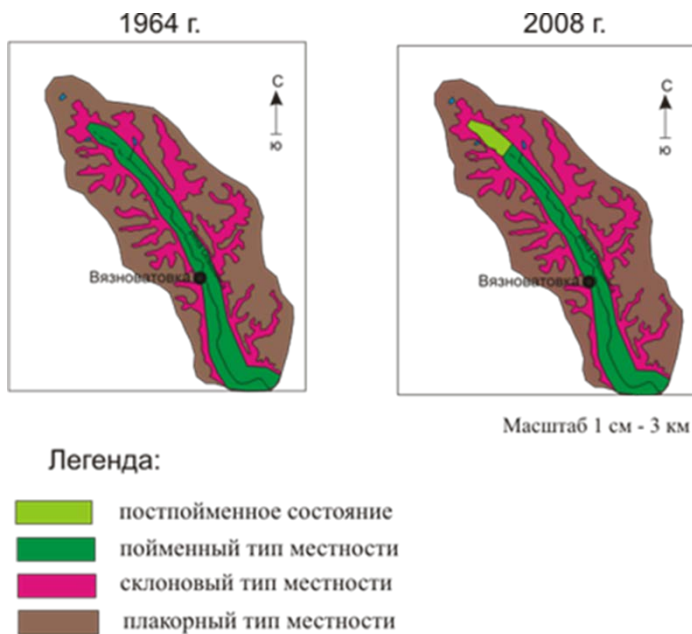


Рис. 5. Динамика ландшафтов бассейна р. Ольшанки Воронежской области

менно-террасовым типами местности или пойменным и склоновым типами местности, отличаясь от них структурно-динамической организацией ПТК. Учет этого обстоятельства особенно необходим при ландшафтно-экологическом земледелии, разработке мелиоративных мероприятий и создании ландшафтно-экологического каркаса.

Усиление напряженности в долинах малых рек, как правило сказывается на долинно-речных ландшафтах средних и крупных рек области. Данное обстоятельство негативно влияет на природно-ресурсном потенциале и ландшафтно-экологической обстановке, а своевременный учет этого обстоятельства будет способствовать успешному решению задач, связанных с рациональным природопользованием и оптимизацией экологической обстановки на территории Воронежской области.

Литература

1. Дмитриева В. А. Гидрологическая изученность Воронежской области : каталог водотоков. Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2008. 225 с.
2. Жигулина Е. В. Динамика ландшафтов бассейнов малых рек Воронежской области // Структурно-динамические особенности, современное состояние и проблемы оптимизации ландшафтов. Воронеж, 2013. С. 151–153.
3. Михно В. Б. Пространственно-временные изменения ландшафтов Центрального Черноземья // Вестн. Воронеж. отд. РГО. Воронеж, 2000. Т. 2, вып. 1. С. 3–8.
4. Мильков Ф. Н. Речные долины как ландшафтные системы // Долинно-речные ландшафты Среднерусской лесостепи. Воронеж, 1987. С. 4–33.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР : Гидрологическая изученность. Том 7. Донской район / под ред. М. С. Протасьева. Ленинград : Гидрометеиздат, 1973. 460 с.

E. V. Zhigulina

MODERN STATE AND DYNAMICS OF RIVER VALLEY LANDSCAPES OF THE VORONEZH REGION

Voronezh State University
evkand@yandex.ru

The article deals with the current state and dynamics of the river valley landscapes of the Voronezh region, reveals dynamic processes of different intensity, which are especially pronounced at the level of structural organization of the floodplain type of terrain, other types are also characterized by a decrease in landscape diversity, stability, bonitet and a number of other positive properties of natural-territorial complexes. The available information allowed us to clearly limit the intra-century period of development of river valley landscapes of the Voronezh region, which led to the identification of different degrees of dynamics of river valley landscapes. The basis for distinguishing the degree of dynamics of river valley landscapes was the rate of change in the length of river channels and different intensity of influence of natural and anthropogenic factors. This consideration of this circumstance is necessary for timely solution of the problems of rational nature management and optimization of the environmental situation on the territory of the Voronezh region.

Г. Э. Инсаров

ЭКОСИСТЕМЫ АЗИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Институт географии РАН

insarovg@gmail.com

Охарактеризован регион «Азия» Межправительственной группы экспертов по изменению климата и его шесть субрегионов. Приведены сведения о природе и изменениях климата в Азии, показана изученность отклика экосистем на изменение климата в разных субрегионах. Показаны сдвиги биомов, верхней границы леса в горах и ареалов видов, изменения биоразнообразия, фенологии, роста и продуктивности растений и природных пожаров в ответ на изменение климата и другие природные и антропогенные факторы, включая засухи, изменение высоты снежного покрова, межвидовые и внутривидовые взаимодействия, изменения в землепользовании. Взаимодействие всех факторов и их влияние на биоту изучено недостаточно. В результате изменение экосистем в некоторых частях Азии происходит в соответствии с повышением температуры воздуха, в других частях тренд не наблюдается или имеет противоположное направление. Описаны возможности адаптации экосистем Азии к изменению климата.

DOI: 10.15356/geoeeco_2024_1_6

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) создана совместно Всемирной метеорологической организацией (ВМО) и Программой ООН по окружающей среде (UNEP) в 1988 году. Цель МГЭИК — готовить научные оценки масштабов и сроков климатических изменений, их возможного воздействия на окружающую среду и социально-экономическую систему, а также реалистичные стратегии реагирования. Членами МГЭИК на 2022 год состояли 195 стран — членов ООН. Основные результаты работы — шесть Оценочных докладов, они были выпущены МГЭИК в 1990, 1995, 2001, 2007, 2013–2014 и 2022–2023 годах, все доклады доступны в сети Интернет по адресу <https://www.ipcc.ch>. Доклады не содержат никаких рекомендаций, а лишь описывают текущую ситуацию и перспективы, соответствующие различным сценариям антропогенного воздействия на климатическую систему Земли. Настоящая статья основана на материалах главы «Азия» Вклада Рабочей группы II «Воздействие, адаптация и уязвимость» в Шестой оценочный доклад МГЭИК [2] и других материалах.

В регионе «Азия», одном из семи глобальных регионов МГЭИК, на основе географического положения выделено шесть субрегионов (рис. 1).

Это Центральная Азия (5 стран), Восточная Азия (7 стран/территорий), Северная Азия (2 страны), Южная Азия (8 стран), Юго-Восточная Азия (12 стран) и Западная Азия (17 стран). Наибольший по площади субрегион — Северная Азия, включающая азиатскую часть России и Монголию. Население Азии около 4,5 млрд, что больше, чем половина населения Земли. Население Азии распределено неравномерно по территории, плотность в среднем составляет 100 чел./км². Границы субрегионов выбраны совпадающими с границами стран и территорий, поэтому в одном субрегионе могут находиться различные экорегионы.

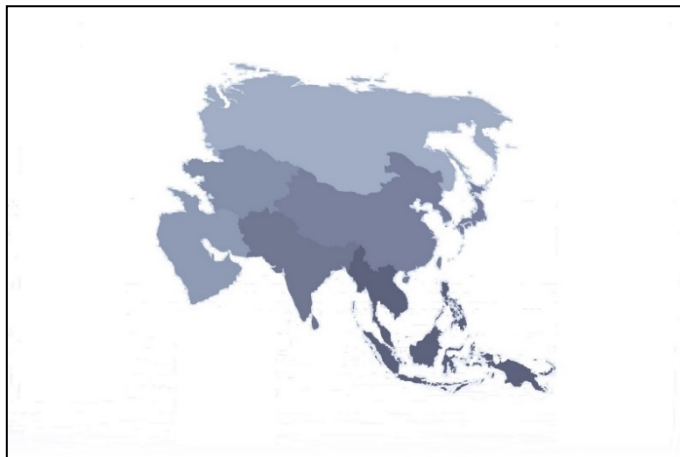


Рис. 1. Субрегионы Азии, выделяемые Межправительственной группой экспертов по изменению климата

Экосистемы Азии характеризуются разнообразием климатических и топографических условий. В Северной Азии преобладают бореальные леса и тундра, в Центральной и Западной Азии — пустыни и ксерофитные кустарники, в горных регионах Гиндукуша, Гималаев, Тянь-Шаня, Алтая, Саян, Урала и Кавказа — альпийские экосистемы. Трансформированные человеком ландшафты занимают большую часть других субрегионов. Оставшиеся естественные экосистемы в Восточной Азии — это умеренные широколиственные и смешанные леса, в Западной Азии есть субтропические вечнозеленые леса, пустыни и луга. На северо-западе Южной Азии есть тропические леса и полупустыни, а Юго-Восточная Азия покрыта, в основном, тропическими лесами. Естественные экосистемы обеспечивают ценные экосистемные услуги, играющие жизненно важную роль в поддержании благосостояния человека.

Изученность влияния изменений климата на биоту субрегионов Азии неодинакова. Лучше других изучены Россия (Северная Азия), Китай, Южная Корея и Япония (Восточная Азия). Также имеется достаточное число публикаций, относящихся к Монголии (Северная Азия), Тайваню (Восточная Азия), Индии и Непалу (Южная Азия), Казахстану (Центральная Азия) и Ирану (Западная Азия). Публикаций по остальной части Азии значительно меньше.

Изменение климата в Азии. Среднегодовая температура приземного воздуха в Азии увеличивалась в последние 100 лет. В горах потепление зависит от высоты над уровнем моря. Количество жарких дней и теплых ночей увеличивается в Азии повсеместно; в то же время, количество холодных дней и ночей уменьшается всюду за исключением юга Сибири. Значительное увеличение экстремальных температур наблюдается в Западной и Центральной Азии. Рост температуры вызывает сильные, более частые и продолжительные волны тепла в Южной и Восточной Азии.

Ожидается дальнейшее повышение температуры приземного воздуха в Азии, причем особенно значительное в Северной Азии; существенное повышение ожида-

ется на Тибетском плато, в Центральной и Западной Азии. В большинстве субрегионов наибольшее потепление ожидается зимой, а в районах с пустынным климатом в северной части Западной Азии и в некоторых частях Южной Азии наибольшее потепление ожидается летом. Вероятность возникновения экстремальных волн тепла в Азии возрастет. Прогнозы показывают, что значительная часть Южной Азии в будущем будет испытывать условия теплового стресса. Ожидается снижение количества холодных дней и ночей.

Наблюдаемые тренды среднегодовых осадков значительно отличаются для регионов Азии. Ожидается значительное увеличение осадков в Северной, Южной, Юго-Восточной и Восточной Азии.

Годовая скорость приземного ветра в Азии после 1950 года уменьшилась. Наблюдаемые изменения в частоте песчаных и пыльных бурь отличаются для регионов Азии: пыльные бури участились в Западной и Центральной Азии и стали значительно менее частыми во Внутренней Монголии и на Тибетском плато, песчаные бури стали более частыми и интенсивными в Западной Азии (Иран и страны Персидского залива).

Значимые многолетние тренды числа тропических циклонов (со скоростью ветра > 66,37 км/час) в период 1951–2017 г. не наблюдались. Ожидается увеличение муссонных осадков в Восточной, Юго-Восточной и Южной Азии [1].

В научных публикациях последних примерно 10 лет, посвященных климатогенным изменениям наземных экосистем Азии, в качестве воздействия рассматриваются почти исключительно изменение температуры. Ниже выводы даны полужирным курсивом, примеры — обычным шрифтом.

Биомы и верхняя граница леса в горах. Изменения биомов в Азии, в основном, происходят в соответствии с региональным повышением температуры приземного воздуха.

Увеличение площади бореальных лесов и сокращение площади тундры после 1980 года наблюдалось на 60% полигонов в Азии; на остальных полигонах изменений либо не было, либо они происходили в противоположном направлении. Там, где была проведена оценка атрибуции (>4 000 видов по всему миру), ареалы примерно 50% видов сместились в более высокие широты или вверх в горах. В Средней Сибири изменения климата смещают экотон южной тайги на север. На Таймыре значительных изменений границы леса не наблюдалось в течение прошедших 30 лет. В Японском архипелаге изменение состава древесных сообществ по градиенту температуры является реакцией на прошлые и/или текущие изменения климата.

Верхняя граница леса в горах Азии в последние десятилетия смещается вверх в Северной Азии и демонстрирует разнонаправленные сдвиги в Гималаях. Глобально сдвиг вверх наблюдается на 67% полигонов.

Экспансия деревьев в горные тундры, интенсивное размножение деревьев и повышение продуктивности древостоев в последние 30–100 лет наблюдалось на верхней границе леса в Уральских горах, в горах Русского Алтая и на плато Путорана. На поли-

гонах на Тибетском плато верхняя граница леса либо смещается вверх, либо не меняется. В Гималаях в последние десятилетия верхняя граница леса либо смещается вверх, либо не меняется, либо снижается.

Разнонаправленные сдвиги границ биомов и верхней границы леса объясняются комплексным взаимодействием положительного влияния потепления на рост деревьев и отрицательного влияния засух, а также изменением высоты снежного покрова, межвидовых и внутривидовых взаимодействий деревьев и кустарников, изменениями в землепользовании (особенно значим выпас скота) и другими факторами. Если потепление и соответствующие тенденции сдвига границ леса на север и вверх по склону в Азии повсеместны, то наборы остальных факторов и их количественные характеристики различны в разных субрегионах и локациях. Взаимодействие факторов и их влияние на положение границы леса изучено недостаточно.

Ареалы видов и биоразнообразие. Изменения в наземных и пресноводных видах, популяциях и сообществах происходят, в основном, в соответствии с изменением климата в Азии.

Животные. В последние десятилетия сместились к северу ареалы вспышек массового размножения сибирского шелкопряда в Средней Сибири, сместился к северо-востоку климатический ареал колорадского жука в Сибири и на Дальнем Востоке РФ, а климатический ареал клеща *Ixodes ricinus* охватил часть Центральной Азии и юга Дальнего Востока России. В степи Центрального Казахстана за последние 40 лет возросло число «южных» субаридных видов и уменьшилось число «северных» бореальных и полизональных видов жужелиц (Carabidae) и чернотелок (Tenebrionidae). Сместились к северу ареалы диких северных оленей на Таймыре, дроздовых птиц в Западной Сибири; в Якутии расширили ареалы благородный олень, лось и северная пищуха. Авифауна в горах Новой Гвинеи сместилась вверх за последние 60 лет.

Растения, лишайники. Растения в альпийской зоне в горах Русского Алтая распространились вверх по склону. Смещение ареала, вызванное потеплением, было зафиксировано у 87% из 124 эндемичных видов растений в Сиккиме (Гималаи) за последние 150 лет. В Дарджилинге, Индия, в ответ на изменение климата и антропогенное загрязнение было показано значительное изменение структуры сообществ лишайников.

Наблюдаемое уменьшение биоразнообразия и сокращение местообитаний растений и животных в некоторых частях Азии связано с изменениями климата.

Изменение климата в сочетании с антропогенными воздействиями привело к локальному вымиранию некоторых крупных и средних млекопитающих за последние три столетия в Китае. Изменение климата оказало значительное воздействие на субальпийские виды растений на небольших высотах в Южной Корее. Изменение климата привело к потере среды обитания амфибий и исчезновению некоторых эндемичных видов растений в Шри-Ланке. Видовой состав диатомовых водорослей озера Байкал и озера Гонгхай (Gonghai Lake) на севере Китая меняется предположительно в ответ на потепление климата.

Изменение климата может привести к изменению взаимодействия видов или изменению размещения инвазивных видов в Азии. Например, потепление климата привело к распространения инвазивных бамбуков (*Phyllostachys edulis* и *P. bambusoides*) на север и вверх по склону в Японии, а высыхание почвы стало ключевым фактором инвазии курильского бамбука (*Sasa kurilensis*) в центральной части острова Хоккайдо по обеим сторонам верхней границы леса.

Модельные оценки риска исчезновения к 2080 году видов растений, амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих в 12 приоритетных для сохранения биоразнообразия местах в Азии при глобальном потеплении на 2°C варьируют для разных мест от 12,2% до 26,4%. При потеплении на 4,5°C — от 29% до 56% [3].

Фенология, рост и продуктивность растений. В Восточной Азии и Северной Азии спутниковые измерения и наземные наблюдения последних десятилетий демонстрируют либо увеличение продолжительности сезона роста растений в этих субрегионах или на части этих субрегионов в соответствии с потеплением климата, либо не показывают никакой значительной тенденции на других частях субрегионов.

Так, к началу XXI в. по сравнению с 1960–1970-ми годами запасы фитомассы зональных экосистем российской Арктики в среднем выросли на 15–30%, а первичная продукция — на 10–15%. В 2000–2019 гг. в разных местах Арктики тренды этих показателей были разнонаправлены, при этом общий тренд для Арктики не выявлен.

В Азии даты прибытия перелетных птиц в районы гнездования и даты отлета из районов зимовки меняются в соответствии с изменением климата. Например, в Йокогаме, Япония, с 1986 по 2008 год прибытие из районов зимовки стало в среднем на 9 дней позже, отлет — на 21 день раньше. Виды: *Emberiza spodocephala*, *Phoenicurus aureus*, *Turdus eunomus*, *Pyrrhula pyrrhula*, *Coccothraustes coccothraustes*, *Turdus pallidus*.

Среди других факторов, влияющих на изменение фенологии организмов (иногда в направлении, противоположном тому, что вызвано глобальным потеплением), отметим роль зимних температур. В северных районах Северного полушария весеннее цветение некоторых растений задерживалось, а не ускорялось, как можно было бы ожидать при потеплении. Это виды, которым требуется яровизация (зимнее охлаждение) для ускорения их развития весной. Для этих растений фенологические изменения являются результатом комбинированного действия опережения, вызванного весенним потеплением, и замедления, вызванного зимним потеплением. Также определенную роль играют осадки: анализ изучения животных во многих частях Земли показал, что фенологические изменения у животных умеренной зоны, в основном, объясняются изменениями температуры, в то время как изменения в более низких широтах, как правило, следуют за изменениями осадков.

Природные пожары. Изменение климата, антропогенная деятельность и молнии определяют увеличение интенсивности лесных пожаров и пройденной огнем площади в Северной Азии.

Пройденная пожарами площадь в Северной Азии удвоилась с 1970 года по 1990 год. За последние десятилетия увеличилось количество, площадь и частота лесных пожаров в лиственных лесах Центральной Сибири, на плато Путорана (север Центральной Сибири) и в сибирских лесах в целом. Это увеличение соответствует увеличению среднегодовой температуры воздуха, аномалий температуры воздуха и засухам. В Южной Корее количество и площадь лесных пожаров в 2000-х годах увеличились по сравнению с 1990-ми годами.

Другие факторы, влияющие на природные пожары, включают возгорания в результате ударов молний и антропогенную деятельность. По оценкам более 80% пожаров в Сибири происходят по вине человека. Разработка газовых месторождений и выходящие из-под контроля практики выжигания тундры коренными жителями способствуют увеличению частоты пожаров в лесотундре Западной Сибири. Незаконные рубки увеличивают пожарную опасность в лесостепных сосновых древостоях.

Возможности адаптации экосистем к изменению климата. К мерам адаптации относятся:

- расширение имеющихся ООПТ и создание новых,
- увеличение ландшафтной связности — создание коридоров между ООПТ и вдоль климатических градиентов для обеспечения возможностей миграции видов,
- искусственная миграция (assisted migration) видов, например, для эндемиков горных вершин,
- интродукция семян растений в новые регионы.

Снижение неклиматических антропогенных воздействий может повысить адаптационный потенциал экосистем.

Улучшению лесной среды для бореальных лесов Азии может способствовать разработка и осуществление комплексных программ по адаптации лесов к глобальному изменению климата, включающих устойчивое лесопользование и лесовосстановление, улучшение инфраструктуры предупреждения и тушения пожаров. Повышение качества лесной среды обитания может снизить негативное воздействие изменения климата на биоразнообразие и экосистемные услуги.

Заключение. Изменение экосистем Азии происходит под воздействием глобального потепления и других изменений климата, а также под воздействием иных природных и антропогенных факторов, например, засух, изменения высоты снежного покрова, межвидовых и внутривидовых взаимодействий, изменений в землепользовании. Взаимодействие всех факторов и их влияние на биоту изучено недостаточно. В результате изменение экосистем в некоторых частях Азии происходит в соответствии с повышением температуры воздуха, в других частях тренд не наблюдается или имеет противоположное направление.

Статья подготовлена по теме FMWS-2024-0007 «Биотические, географо-гидрологические и ландшафтные оценки окружающей среды для создания основ рационального природопользования» Министерства науки и высшего образования РФ.

Литература

1. Climate Change 2021: The Physical Science Basis : Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / IPCC. Cambridge : Cambridge University Press, 2021.

2. Shaw R., Luo Y., Cheong T. S., Abdul Halim S., Chaturvedi S., Hashizume M., Insarov G. E., Ishikawa Y., Jafari M., Kitoh A., Pulhin J., Singh C., Vasant K., Zhang Z. Asia // Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability : Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge ; New York : Cambridge University Press, 2022. P. 1457–1579.

3. Warren R., J. Price J., VanDerWal S., Sohl H. The implications of the United Nations Paris Agreement on climate change for globally significant biodiversity areas // Climatic Change. 2018. P. 395–409.

Gregory Insarov

ASIAN ECOSYSTEMS UNDER CLIMATE CHANGE STRESS

Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences

insarovg@gmail.com

Brief characteristic of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), and the IPCC Asia region and its six sub-regions are described. The article presents information on the nature and climate change in Asia, and shows the level of knowledge on the ecosystem response to climate change in different sub-regions. Shifts in biomes, the high-elevation treeline in mountains and species ranges, changes in biodiversity, phenology, plant growth and productivity, and wildfires in response to climate change and other natural and anthropogenic factors are reported. List of important other factors includes droughts, snow depth, interspecific and intraspecific interactions, land use changes. The interaction of all factors and their impact on biota are not understood well. As a result, ecosystem changes in some parts of Asia are in accordance with increasing air temperature, while in other parts the trend is not observed, or it is in the opposite direction. The ways of Asian ecosystems adaptation to climate change are presented.

Е. Э. Королькова

ВЫСОКОГОРНЫЕ РЕДКОЛЕСНЫЕ СООБЩЕСТВА ПРИБАЙКАЛЬЯ

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН
elainefisher@yandex.ru

В статье представлены общие сведения о составе и закономерностях распространения таёжных (бореальных) растительных сообществ подгольцового пояса в пределах Байкальской впадины. Описаны их индикационные особенности с учётом изменения климата и рельефа территории. В работе использовались общепринятые комплексные геоботанические методы, которые включают экспедиционные работы и картографическое моделирование с использованием ГИС-технологий. Составлена геоботаническая карта, на базе которой выявлены и территориально обозначены пределы изменения состава редколесных сообществ на уровне древесного яруса, проведено уточнение границ ареалов распространения лиственницы даурской (*Larix dahurica*), кедрового стланика (*Pinus pumila*). В статье проявлена уникальность Прибайкальской древесной растительности, где среди континентальных климатических условий, большое влияние на формирование мезоклимата и изменение состава растительных сообществ оказывают форма и высота горного рельефа и смягчающее «морское» влияние акватории Байкала.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_7

Для данной работы была поставлена цель: инвентаризация состава и изучение закономерностей распределения древесных видов в растительных сообществах верхней границы леса Прибайкалья, как одного из индикаторов изменения условий геосистем.

В работе использовались общепринятые описательные и аналитические методы: комплексных геоботанических описаний площадей и профилей, методы отбора почвенных, торфяных, гербарных и дендро-образцов; фотофиксация; геоботанического картографирования и сравнительно-географического и статистического анализа с использованием ГИС технологий.

Состав древесных видов растений редколесных сообществ на верхнем пределе горно-таёжного пояса вдоль горных хребтов, обрамляющих Байкальскую впадину, весьма разнообразен. По территории проходит несколько границ распространения индикационных таёжных древесных видов, определяющих границы физико-географических областей: Южно-Сибирской горнотаёжной, Средне-Сибирской таёжной, Байкало-Джугджурской гольцово-горнотаёжной [2]. Обширные комплексные геоботанические исследования этих труднодоступных мест активно проводились в конце XIX, начале XX веков В. Н. Сукачёвым и Г. И. Поплавской (1914); Л. И. Малышевым (1957); Л. Н. Тюлиной (1967–1990); А. Н. Лукичёвой (1972); В. Н. Моложниковым (1986); А. В. Беловым, (1984).

Наиболее близкие к Байкалу крупные по протяжённости и высоте горные хребты (хр.), на которых отмечены подгольцовые редколесные таёжные сообщества, это Байкальский (средняя высота (ср. в.) 2100 м) и его отроги с юга — Анайские гольцы; а с севера частично — хр. Унгдар; Баргузинский хр. (ср. в. 2420 м); хр. Хамар-Дабан (ср. в.

–1950 м) и отчасти Приморский хр. (его центральная часть — ср. в. –1300 м). Как и сама котловина Байкала, направление всех хребтов близко к меридиональному, простираясь с севера на юг, за исключением южной части хр. Хамар-Дабан. Такое расположение создает улавливающий барьер для преобладающих в регионе западных и северо-западных воздушных масс и образует особый эффект увлажнения западных, северо-западных и северных макросклонов хребтов. Работа является комплексным исследованием собранных ранее экспедиционных материалов, а также объединением данных фондовых материалов.

Вдоль северо-восточной части Байкальской впадины расположен Баргузинский хребет. К части котловины относится его западный макросклон. Здесь в подгольцовый пояс поднимаются каменно-берёзовые (*Betula ermanii* ssp. *lanata*) редколесья с обширными зарослями кедрового стланика (*Pinus pumila*) и единичной елью (*Picea obovata*) и лиственницей даурской (*Larix dahurica*). Этот вид лиственницы (*Larix dahurica* / *L. gmelinii*) распространен на севере и северо-востоке нашей страны [3], а юго-западная граница ареала её распространения проходит именно по территории северо-западного Прибайкалья (по Байкальскому хр.) [Королькова, 2015]. Описывая верховья западного склона Баргузинского хребта — здесь лиственница даурская заходит фрагментарно, чаще в сухих местах более пологих форм главного водораздела.

Южнее, в центральной части Баргузинского хребта, отмечается смена доминирующей породы и переход в пихтовые (*Abies sibirica*) кедровостланиковые (*Pinus pumila*) редколесья. Это обусловлено увеличением режима увлажнения за счёт приближения главного водораздела к Байкалу и мощной барьерной функцией рельефа хребта. Пихтовые редколесья с единичными берёзами могут занимать и очень крутые борта ледниковых долин, и выположенные склоны, и днища цирков [4]. Однако, здесь всё ещё преобладают кедрово-стланиковые заросли, создавая мощный высотный подпояс.

Хребет Хамар-Дабан расположен на юго-восточной части Байкальской котловины, условно разделяясь на два высотных участка. Более низкая северная его часть находится в некотором отдалении от влияния мезоклимата акватории Байкала. Верхний предел лесного пояса достигают мощные кедровые (*Pinus sibirica*) и кедрово-пихтовые редколесья. Южнее, с приближением главного водораздела к Байкалу и увеличением высотных отметок, а также за счёт изменения экспозиции макросклона с северо-западного на северный, в подгольцовье поднимаются преимущественно пихтовые редколесья, иногда с елью (*Picea obovata*). Но единичные крупные кедровые «островные» сообщества достаточно высоко сопровождают пихтарники, располагаясь на более пологих участках долин и склонов. Лиственница здесь полностью отсутствует. Мощный снежный покров на северном склоне южной части хребта Хамар-Дабан и сглаженный температурный режим (за счёт влияния акватории Байкала) способствуют формированию благоприятных условий для произрастания подгольцовых пихтовых парков на фоне больших по площади субальпийно-типных лугов.

Резюмируя особенности высокогорных таёжных сообществ восточного и юго-восточного бортов горных обрамлений Байкальской впадины, Л. Н. Тюлина выделяла в них особый «влажный Прибайкальский» тип поясности [4].

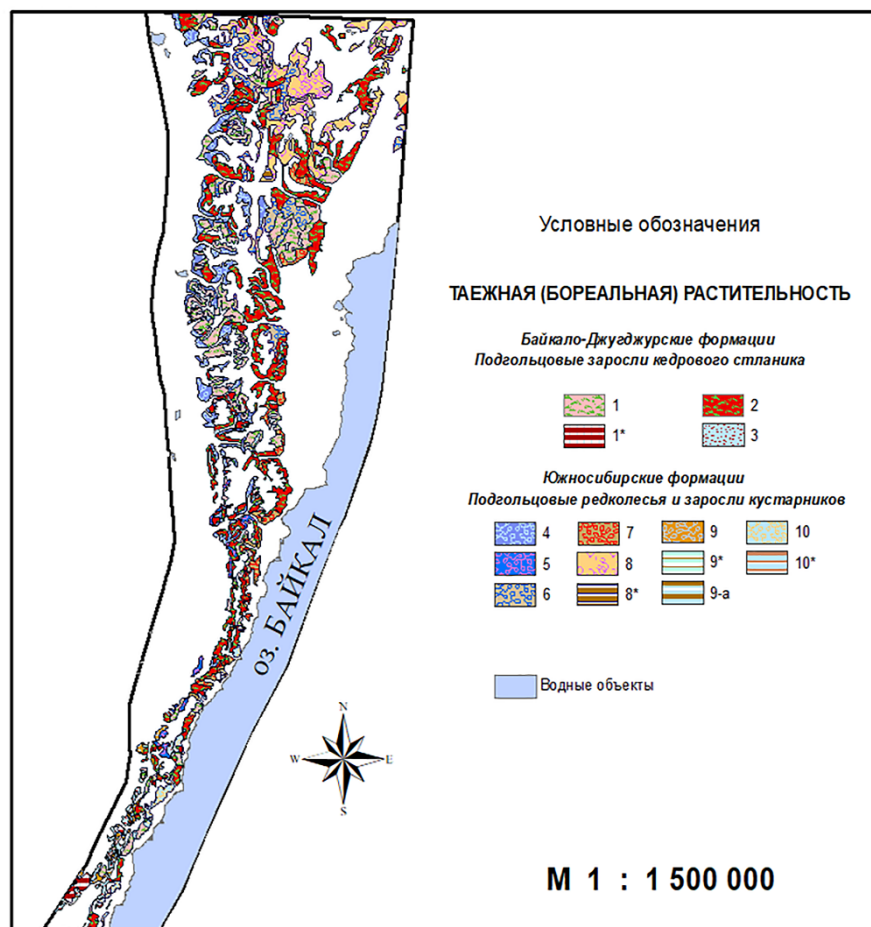


Рис. 1. Геоботаническая карта подгольцовой древесной растительности Прибайкалья (фрагмент)

На менее увлажнённых макросклонах, обращённых к Байкалу вдоль восточного побережья, Л. Н. Тюлина выделяла Восточно-Сибирский или Прибайкальский тип поясности [4]. К ним относятся Байкальский и Приморский хребты. На рис. 1 представлен фрагмент геоботанической карты подгольцовой древесной растительности, сделанной для Байкальского хребта. Ниже приведена легенда к ней (табл. 1). В легенде отражены не только особенности современной растительности территории, но и указаны её генетические взаимосвязи.

На севере Байкальского хребта верхнюю часть горно-таёжного пояса составляют заросли низкорослого кедрового стланика с участием лиственничных (*Larix sibirica*) и кедрово (*Pinus sibirica*) — лиственничных редколесий [1]. В местах выхода карбонатных пород кедровый стланик становится разреженным, либо заменяется ерниковыми (*Betula rotundifolia*, *B. exilis*) зарослями и разнотравными альпинотипными и субальпинотипными лугами. Здесь в состав сообществ также входит лиственница

Таблица 1

Легенда к Геоботанической карте подгольцовой древесной растительности Прибайкалья

Байкало-Джугджурские растительные формации	
1	Разреженные заросли кедрового стланика (<i>Pinus pumila</i>) кустарничково (<i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i>) — лишайниковые (<i>Cladonia amaurocraea</i> , <i>Cl. rangiferina</i>) в сочетании с фрагментами горных тундр, нивальных луговин и каменистых россыпей.
1*	Гари, зарастающие кустарничково-разнотравно-моховой растительностью.
2	Сомкнутые заросли кедрового стланика с кашкарой (<i>Rhododendron aureum</i>) в сочетании с единичной лишайницей (<i>Larix sibirica</i>) и кедром, кустарничково (<i>Ledum palustre</i> , <i>Empetrum nigrum</i>) — лишайниковые (<i>Cladonia amaurocraea</i> , <i>Cl. rangiferina</i> , <i>Cetraria nivalis</i> , <i>C. cucullata</i>) в сочетании с горными тундрами и каменистыми россыпями.
3	Кедровостланниково-ерниковые (<i>Betula rotundifolia</i>) и ерnikово-кедровостланниковые заросли кустарничково (<i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Arctostaphylos uva-ursi</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Empetrum nigrum</i>) — разнотравно (<i>Geranium eriostemon</i> , <i>Dendranthema zawwadschii</i> , <i>Lathyrus humilis</i> , <i>Galium boreale</i> , <i>Artemisia tanacetifolia</i>) — мохово (<i>Polytrichum hyperboreum</i> , <i>Rhytidium rugosum</i>) — лишайниковые (<i>Cetraria nivalis</i> , <i>C. cucullata</i> , <i>C. islandica</i> , <i>Cladonia amaurocraea</i>) в сочетании с редкими лишайницами (<i>Larix sibirica</i>) и кедром.
Южносибирские растительные формации	
4	Берёзово-пихтовые иногда с елью редколесья ерниковые (<i>Betula exilis</i>) с кашкарой (<i>Rhododendron aureum</i>) чернично (<i>Vaccinium myrtillus</i>) — травяно (<i>Bergenia crassifolia</i> , <i>Solidago dahurica</i> , <i>Dasystephana alida</i>) — моховые (<i>Dicranum elongatum</i> , <i>D. spadicum</i> , <i>Aulacomnium turgidum</i>) в сочетании с каменистыми россыпями и осыпями с фрагментами тундр (<i>Salix polaris</i> , <i>Sibbaldia procumbens</i>), луговинами и лугами (<i>Salix alaxensis</i> , <i>Carex atrofusca</i> , <i>Deschampsia sukatschewii</i> , <i>Geranium krylovii</i>) вокруг озёр и у ручьёв.
5	Кедрово-пихтовые (<i>Abies sibirica</i>) с ерником (<i>Betula exilis</i>) травяно (<i>Poa sibirica</i> , <i>P. alpine</i> , <i>Carex globularis</i> , <i>Veratrum oxysepalum</i> , <i>Bergenia crassifolia</i>) — кустарничково (<i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i>) — лишайниковые редколесья в сочетании с каменистыми россыпями и осыпями, нивальными луговинами и фрагментами кустарничково-лишайниковых тундр.
6	Пихтово-лиственничные (<i>Larix sibirica</i> , <i>L. dahurica</i>) с кедром и берёзой (<i>Betula alba</i> , <i>B. lanata</i>) кустарничково (<i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>V. myrtillus</i>) — мохово (<i>Pleurozium schreberi</i> , <i>Ptilium crista-castrensis</i>) — лишайниковые (<i>Cetraria nivalis</i> , <i>C. cucullata</i> , <i>Cladonia amaurocraea</i>) и кустарничково-лишайниковые редколесья в подлеске с обильными кедровым стлаником, кашкарой (<i>Rhododendron aureum</i>) в сочетании с каменистыми тундрами и разреженными зарослями кедрового стланика.
7	Кедрово-лиственничные (<i>Larix sibirica</i>) с каменной берёзой (<i>Betula lanata</i>) кустарничково (<i>Empetrum nigrum</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i>) — лишайниковые редколесья в сочетании с зарослями душики (<i>Duschekia fruticosa</i>) и кедрового стланика, реже ивы (<i>Salix phylicifolia</i> , <i>S. rhamnifolia</i>) на каменистых россыпях и осыпях.
8	Лиственничные (<i>Larix dahurica</i>) с елью и кедром разреженные или редколесья с подлеском из кедрового стланика, ерника (<i>Betula divaricata</i>), кашкары (<i>Rhododendron aureum</i>) кустарничково (<i>Ledum palustre</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i>) — мохово — лишайниковые (<i>Cladonia amaurocraea</i> , <i>Cl. rangiferina</i>) на каменистых склонах иногда в сочетании с елово-лиственничными с кедром лесами.
8*	Гари, зарастающие разнотравным покровом с кустарничками и кустарниками.
9	Лиственничные (<i>Larix sibirica</i>) с кедром редколесья с подлеском из кедрового стланика, кустарниковой берёзы (<i>Betula rotundifolia</i>) с бруснично-лишайниковым или бруснично-травяно-лишайниковым покровом с багульником и голубикой на участках пологих, чаще водораздельных поверхностей
9-а	Берёзовые и лиственнично-берёзовые разнотравно-вейниковые восстановительные сукцессии на месте гарей и рубок
9*	Гари, зарастающие разнотравным покровом с кустарничками и кустарниками.
10	Берёзово (<i>Betula lanata</i>) — лиственничные (<i>Larix sibirica</i> , <i>L. czekapowskii</i>) с кедром редколесья кустарничково (<i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>V. myrtillus</i>) — травяные (<i>Bergenia crassifolia</i> , <i>Saxifraga nelsoniana</i> subsp. <i>aestivalis</i>) в сочетании с каменистыми тундрами и кедровостланниковыми разреженными зарослями, а также с олуговыми осоково (<i>Carex melanoscarpa</i>) — травяно — моховыми участками.
10*	Гари, зарастающие разнотравным покровом с кустарничками и кустарниками.

даурская (*Larix dahurica*), которая не «спускается» вниз по склонам и к побережью Байкала. Изредка встречается гибрид двух лиственниц — лиственница Чекановского (*Larix chekanowskii*), но для неё условия высокогорий менее благоприятны, нежели горно-таёжный и подгорный пояса. На юге и в центральной части Байкальского хребта и вдоль Анайских гольцов по восточным склонам, верхнюю границу леса образует лиственница сибирская (*Larix sibirica*) с кедром, либо кедрово-лиственничные редколесья. Необходимо отметить, что от центра Байкальского хребта и южнее Байкальской впадины Лиственница даурская исчезает.

Приморский хребет (юго-западная окраина Байкальской впадины) — наиболее низкий среди перечисленных хребтов и, в его поясном распределении меньше всего по площади занимают гольцы. Как таковой подгольцовый пояс практически не выделяется. Верхняя граница леса представлена кедровыми, пихтово-кедровыми разреженными лесами (не редколесьями, сомкнутость от 0,3 и выше) с участием лиственницы (*Larix sibirica*) и реже сосны (*Pinus sylvestris*).

В результате, хотелось бы отметить, что такое видовое разнообразие древесной растительности, выходящей в подгольцовый пояс, обусловлено совокупностью множества факторов, среди которых важную роль играет мезо- и микроклиматические особенности, сформированные рельефом и влиянием акватории Байкала, а также состав подстилающих пород. На породах кислого и основного состава чаще распространяются заросли кедрового стланика и представители темнохвойных пород. При участии карбонатных пород, в сообществах, где мезоклимат близок к более сухому, континентальному, появляется лиственница, а в подлеске часто отмечены ерники из берёз и ив.

В продолжении данного исследования запланировано разработать подробную классификацию растительности подгольцовых редколесий Прибайкалья и составить геоботаническую карту в среднем 1 : 500 000 масштабе.

Исследование выполнено за счёт средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А21-121012190059-5).

Литература

1. Королькова Е. Э. Среднемасштабное геоботаническое картографирование Северо-Западного Прибайкалья с учётом эволюционно-динамических особенностей растительности // Геоботаническое картографирование. С.-Петербург, 2015. С. 42–61.
2. Михеев В. С., Ряшин В. А. Ландшафты юга Восточной Сибири [Карта] / под общей ред. В. Б. Сочавы. 1 : 1 500 000. М. : ГУГК, 1977.
3. Поздняков Л. К. Даурская Лиственница. Наука, 1975. 310 с.
4. Тюлина Л. Н. Влажный прибайкальский тип поясности растительности : монография. Новосибирск : Наука, 1976. 319 с.

E. E. Korolkova
HIGH-MOUNTAIN OPEN FOREST COMMUNITIES
IN THE BAIKAL REGION

Sochava Institute of Geography
elainefisher@yandex.ru

The article presents general information on the composition and distribution patterns of taiga vegetation communities in the subalpine belt in the Baikal region. Their indicative features are described, taking into account climate change and the relief of the area. The work uses generally accepted complex geobotanical methods, including expeditionary work and cartographic modelling using GIS technologies. A geobotanical map has been compiled, based on which changes in the composition of forest communities at the tree layer have been identified and designated territorially, and the boundaries of distribution areas for Dahurian larch and dwarf pine have been clarified. The article shows the uniqueness of Baikal's woody vegetation. Among continental climatic conditions, the shape and height of mountain relief, as well as the mitigating influence of Baikal waters, have a great impact on the formation of mesoclimate and the composition of plant communities.

В. И. Лысенко^{1, 2}

ОСОБЕННОСТИ ВЫБРОСОВ ФЛЮИДОВ ХОЛОДНЫХ СИПОВ БУХТЫ ЛАСПИ В ГЕОГРАФИЧЕСКУЮ ОБОЛОЧКУ ЗЕМЛИ (ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)

¹Институт природно-технических систем, г. Севастополь, Россия

²Филиал Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова

в г. Севастополе

niagara_sev@mail.ru

Поступление в атмосферу углеводородных соединений из холодных сипов является актуальной проблемой современности. Целью исследований являлось изучение газового и водного состава флюидов холодных сипов Ласпи. В результате проведенных исследований определены объемы выбросов и состав газов на хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000» с ПИД и ДТП. Выполнена гидрохимическая съемка бухты Ласпи. Проанализированы пробы водных растворов флюидов и морской воды методом ICP-MS. По результатам выполненных работ сипы характеризуются не постоянными выбросами объемов флюидов и его изменчивым количественным составом. Флюид представлен CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , iC_4H_{10} , nC_5H_{12} , iC_5H_{12} , CO_2 , O_2 , H_2S , N_2 , COS и CS_2 . Обнаружено присутствие во флюидах опресненных водных растворов с солесностью до 7,5‰. Водные растворы флюидов отличаются от морской воды содержанием солей и геохимических элементов. Флюиды бухты Ласпи имеют глубинную термогенную природу с некоторой подпиткой вещества из недр. Объемы их выбросов и состав контролируется неотектоническими движениями поднятия Горного Крыма. Их выбросы участвуют в эволюционном изменении состава атмосферы и гидросферы.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_8

Введение. В наши дни мировое сообщество обеспокоено проблемами изменения климата, таяния ледников и повышением уровня Мирового океана. Эти процессы взаимосвязаны между собой. Всемирная метеорологическая организация в составе ООН читает, что рост температуры связан с парниковым эффектом, который происходит за счет увеличения в атмосфере углекислого газа и метана. Часть ученых связывают эти изменения в атмосфере с воздействием антропогенной деятельности человека. Другие исследователи считают, что эти проблемы имеют связь с поступлением флюидов из недр [8]. На дне морей и океанов подобные выходы газов в английских ста-
тях называются сипами [7]. Выходы пузырьков газа из них известны во всех морях и океанах от экватора до полярных широт [7]. В Черном море их выходы известны на шельфе, континентальном склоне, в котловине и мелководной прибрежной зоне [2, 3, 6]. По статистике более девяноста процентов пузырьков выходов находятся на глубинах более ста метров. Поэтому большинство научных работ посвящено результатам изучения глубоководных сипов и сопровождающих их построек [2, 6]. Реже приводятся данные по исследованию таких образований в мелководной прибрежной части. [4, 8]. На прибрежном подводном береговом склоне Крыма известно 20 площадок с пузырьковыми выходами газов, у которых пузырьки доходят до поверхности и поступают сразу в атмосферу [4, 6, 8]. Наиболее интересными объектами являются выходы

газа в бухте Ласпи. Наблюдение за ними осуществляется в течение двадцати лет. Сипы находятся на глубинах от 1,5 до 3,0 метров [4]. Поэтому имеется возможность исследовать динамику поступления объемов газа и отобрать пробы состав флюидов. Материалы исследования сипов бухты Ласпи являются актуальными для познания влияния флюидов на процессы в атмосфере и гидросфере.

Целью исследований являлось изучение газового и водного состава флюидов холодных сипов бухты Ласпи.

Предмет и методы исследования. Подводный береговой склон пляжная зона бухты Ласпи с участком выходов газа находится в пределах ядра Ласпинской антиклинали. Он сложен глинистыми алевролитами и аргиллитами верхнего триаса и нижней юры, которые перекрыты слабым слоем отложений песка и галечников. Участок с выходами струй пузырьков газа находится к зоне пересечения Ласпинского и Берегового разломов на расстоянии от 10 до 60 метров от современной береговой линии [4]. Сипы находятся на трех скальных грядках, которые получили названия пляжных бактериальных построек бухты Ласпи. Выходы пузырьков газа приурочены к отверстиям диаметром 2,0–4,0 мм. Отдельные выходы находятся на поверхности песка и образуют в нем углубления в виде микрократеров. При их раскопках было установлено, что газ поступает из скальных пород постройки перекрытой песком и гравием. Кроме пузырькового выделения флюидов, в конгломератовом материале построек и перекрывающем их песке, присутствует диффузный газ [4].

Визуальное наблюдение за пузырьками выходов газа производилось с 2004 г. по 2024 г. Приборные измерения объемов их выбросов были выполнены в 2013, 2019, 2021 и 2022 годах. Замеры объемов осуществлялись с помощью химического мерного цилиндра объемом 500 мл. Цена деления составляла 1,0 мл. Время отбора газа составляло от 10 до 15 минут. Объем часовых и суточных выбросов газа был выполнен расчетным методом.

На определение состава отбор газа осуществлялся из сипа (т. н. 2) центральной зоны (рис. 1). Взятие проб производилось в фармацевтический флакон объемом 150 мл. Время заполнения пузырька составляло 10–15 минут. Пузырек с газом закрывался под водой двумя пробками. Отбор проб осуществлялся через час, а один раз через 15 минут.

Анализ состава газов выполнялся в лаборатории МГУ имени М. В. Ломоносова на стационарных газовых хроматографах «Хроматэк-Кристалл 5000», оснащенных пламенно-ионизационными (ПИД) детекторами и детектором по теплопроводности (ДТП). Для контроля измерений пробы анализировались два раза. На полученных хроматограммах производился расчет содержаний газовых компонентов в сравнении со стандартными концентрациями аттестованных газовых смесей («Мониторинг» г. Санкт-Петербург, аттестация выполнена во ВГУП ВНИИМ им. Менделеева). Было проанализировано 16 проб.

Исследования по присутствию во флюидах водных растворов были выполнены над сипами в период выбросов газа (рис. 1). Пробы для анализов отбиралась у самого дна в бутылки емкостью по пол литра. В разные дни 2022 и 2023 г. над сипами южной,

центральной и северной бактериальных построек было отобрано 25 проб. Для сравнения была выполнена гидрохимическая съемка дна прибрежной части бухты Ласпи. При ее проведении особое внимание уделялось местам предположительного поступления поверхностного подземного стока из оврагов (рис. 1). Дополнительно отбирались пробы воды на расстоянии 0,5 и 1,0 м от пузырьковых выходов газа.

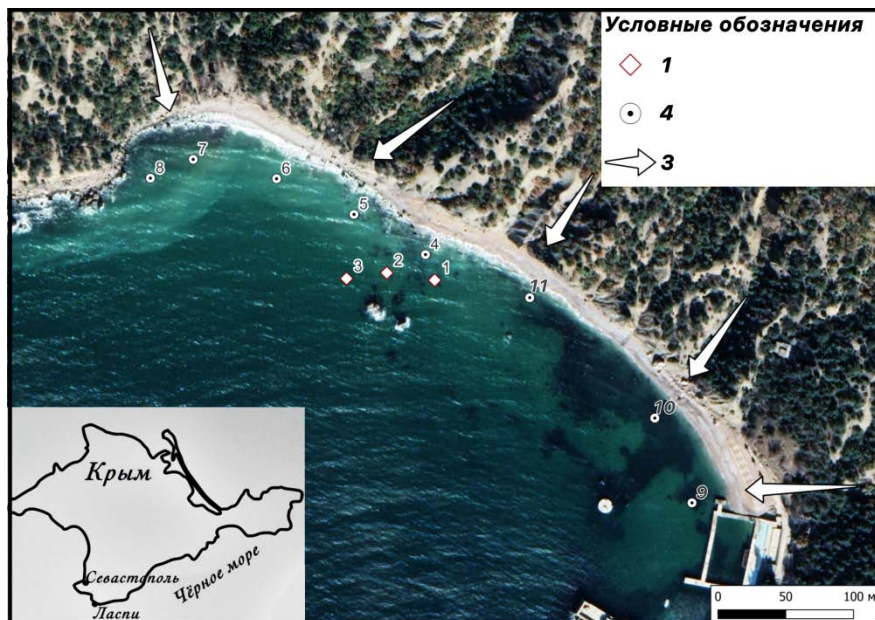


Рис. 1. Схема мест отбора проб газа и воды в бухте Ласпи

- 1 — сипы, в которых проводились замеры объемов газа, солёности воды и анализировался на состав газов;
2 — точки опробования на солёность воды; 3 — направление движения поверхностных стоков в оврагах

Исследования воды на сухой остаток выполнялось в лаборатории Филиала МГУ. Для анализа из пробы отбиралось 100 мл воды. Материал анализа фильтровался через мембранный фильтр Д-45. После этого вода выпаривалась в сушильном шкафу при температуре 80°C. Остывание стакана происходило в эксикаторе в течение 90–100 минут. Стакан с сухим остатком взвешивался на весах SCAL TEC-SBC-45. Ошибка измерения составляет 0,001 г. По массе сухого остатка вычислялась солёность.

Для изучения геохимических свойств водных растворов флюидов и морской воды были выполнены анализы методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS). Они выполнялись в лаборатории ФГБУН ФИЦ «Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН» на приборе Analytik Jena PlasmaQuant MS Elite. Были проанализированы две пробы опресненных флюидных растворов (Л-51, Л-52) и одна морской воды (Л-53), которую отобрали на удалении от сипов.

Результаты исследования газового состава и водных растворов флюидов. При первых визуальных наблюдениях было установлено, что поступление газа имеет импульсный периодический характер. Его объемы изменяются в течение часа, суток и сезонов года. Отмечается разница в их выбросах в центральных частях построек и на их периферии. Сложно посчитать все точки с выходами пузырьков. Некоторые из них свою деятельность прекращали, а через некоторый промежуток времени газовый поток возобновлялся. В среднем из точки дегазации наблюдался поток от 20 до 40 пузырьков газа за одну минуту. Они имеют размеры от 3,0 до 15,0 мм, но выделялись из сипов и более мелкие пузырьки. Струйные выделения начинаются с отрыва двух-пяти мелких пузырьков, затем рой более крупных и наступает затишье на 20–40 (или более) секунд [4]. После цикл повторяется. Размеры пузырьков при поднятии к поверхности несколько увеличиваются, что связано с изменением давления водной толщи.

Замеры с помощью мерного сосуда подтвердили не постоянство объемов выбросов газа. У сипов центральной постройки дебит изменяется от 8,6 до 48,2 мл в минуту (12,3–69,4 л/сутки). Значительно меньше он у сипов южной и северной зон. Самые низкие объемы выбросов газа характерны для сипов северной постройки от 2,6 до 19,7 мл/мин. Общий дебит газовых струй бухты Ласпи равен 97–330 мл/мин (140–480 л/сутки).

Выбросы газов имеют пульсирующий характер с некоторой периодичностью, что подтвердили замеры с помощью мерного сосуда. Было установлено, что при температуре воды около восемнадцати градусов, объемы выбросов из центрального сипа уменьшались до 8,6–12,3 мл/мин. Это можно объяснить способностью растворения газа в воде при пониженных температурах. С учетом всех точек дегазации объемы выбросов флюидов в бухте Ласпи составляют от 94608 до 506678 м³/год. За время двадцатилетний период наблюдения общие объемы поступления газов в атмосферу находятся в интервале от 1880 до 10132 тыс. м³.

Непостоянные объемы выбросов сипов сопровождаются неустойчивым количественным составом газов во флюидах. Главным компонентом флюидов является метан. Его содержания в пробах составляют от 55,74 до 61,18 %. Общая сумма в пробах C₂H₈, C₃H₈, C₃H₆, C₄H₁₀, iC₄H₁₀, nC₅H₁₂ и iC₅H₁₂ не превышает 1,5 %. Кроме углеводородов, флюиды содержат азот (9,6–40,1%), кислород (0,27–8,9%), гелий (0,292–1,189%), углекислый газ (0,099–0,37%), сероводород (0,03ppm), карбонилсульфид (0,042–0,081ppm) и сероуглерод (0,162–4,125ppm). Газы флюидов имеют не постоянный количественный состав в пробах в течение часа и суток.

В результате выполнения гидрохимической съемки дна бухты Ласпи были получены данные о присутствии во флюидах водных растворов с невысокой минерализацией. Работы по отбору проб производилась в 2022, 2023 и 2024 годах. Основное внимание при проведении гидрохимической съемки уделялось выходам флюидов, расположенных на поверхности построек. Всего над ними было взято 22 пробы. Колебания содержания в них солей изменялось от 7,5 до 16,7 г/л. Для сравнения были отобраны пробы воды к югу и северу от выходов газа на расстоянии полметра и метра. Они

имели соленость 18,6–18,8 г/л (табл. 4). Подобные содержания солей характерны для воды дна бухты, а также для проб, отобранных на продолжении поверхностного стока овражной сети.

Пробы водных растворов, отобранных на геохимические анализы, содержат не значительную часть морской воды. Критерием ее содержания является соленость. В пробе Л-51 сухой остаток составляет 8,55 г/дм³, а в пробе 52–9,29 г/см³. Для сравнения результатов анализов, была проанализирована проба морской воды, которая была отобрана на удалении от сипов. Она характеризовалась соленостью 18,6‰. Результаты анализов приведены в таблице 1. Геохимический состав проб водных растворов слегка различается между собой (табл. 1). Анализы проб растворов по содержанию геохимических элементов отличаются от результатов морской воды (табл. 1).

Таблица 1

Результаты геохимического опробования методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой водных растворов флюидов и морской воды бухты Ласпи (г/т)

	Проба Л-51	Проба Л-52	Проба Л-53 Морс. вода		Проба Л-51	Проба Л-52	Проба Л-53 Морс. вода		Проба Л-51	Проба Л-52	Проба Л-53 Морс. вода
Si	532	497	485	Zn	18,32	20,05	24,13	Ba	8,737	7,670	7,869
Al	524	512	602	Ga	0,192	0,248	0,182	La	0,098	0,024	0,041
B	2769	2724	2595	Ge	2,704	2,688	2,546	Ce	0,038	0,042	0,063
Br	2885	2828	2818	As	54,83	52,98	52,04	Pr	0,012	0,016	0,081
Fe	72,2	82,1	86,3	Rb	30,66	33,18	33,27	Sm	0,029	0,025	0,021
Hg	3,65	2,23	1,50	Sr	3633	3681	3537	Dy	0,009	0,012	0,009
Li	112	110	104	Y	0,025	0,028	0,042	Ho	0,012	0,011	0,009
Be	0,29	0,162	0,045	Zr	0,182	0,160	0,047	Er	0,0065	0,0021	0,0027
Sc	30,6	26,14	23,44	Os	0,068	0,058	0,009	Tm	0,0076	0,0071	0,0043
Ti	9,64	8,73	8,52	Mo	2,53	2,69	2,71	Yb	0,0073	0,0064	0,0037
Cr	2,08	1,26	3,20	Pt	0,0163	0,009	0,008	Hf	0,020	0,024	0,028
Mn	72,4	24,75	21,40	Sn	1,327	1,672	1,875	Pb	1,078	2,072	1,238
Co	0,11	0,129	0,198	Au	0,048	0,025	0,021	Bi	0,045	0,039	0,027
Ni	16,9	36,05	88,87	Te	0,034	0,029	0,023	Th	1,186	0,751	0,539
Cu	7,79	9,13	17,17	Cs	0,198	0,13	0,171	U	1,445	1,425	1,269

Особенности состава флюидов холодных сипов бухты Ласпи. Впервые карбонатные строения и выходы углеводородных струй были обнаружены в северо-восточной части Тихого океана в 1968 г. Позднее они были найдены на поверхности дна во многих морях всех океанов [2, 3, 6, 7]. Большинство газовых струй находится на больших глубинах и их пузырьки газа не доходят до поверхности [2]. Кратковременные наблюдения за ними и отбор проб флюидов осуществлялись с помощью подводных обитаемых аппаратов и геофизических методов [3, 6]. При таких исследованиях сложно выполнить опробование флюидов на состав газов и водных растворов [6]. В бухте Ласпи отсутствуют такие сложности.

Флюидная деятельность сипов бухты Ласпи имеют много общего с выбросами подобного материала грязевыми вулканами, за которыми ведутся наблюдения не-

сколько столетий [6]. Крупные выбросы газа из грязевых вулканов происходят спонтанно. При спокойных извержениях поступление флюидов совершается в виде периодических пульсирующих импульсов. Иногда, поступление флюидов из грязевых вулканов достигают нескольких тысяч метров кубических за несколько минут [6]. Усиление катастрофических поступлений газа из сипов и грязевых вулканов происходит во время землетрясений, что было установлено по наблюдениям в Охотском, Черном и других морях, а также на грязевых вулканах суши [5, 6].

Струйные пузырьки газа в бухте Ласпи приурочены к зоне Берегового разлома, который является линией раздела поднятия Горного Крыма и опускания бухты. На значительные амплитуды нетектонических движений указывают фрагменты террас голоцена на берегу бухты, а также зоны расщепления пород [4]. Возможно, современная дегазация сипов связана с сейсмическими процессами на Форосском выступе, где отмечаются гипоцентры современных землетрясений. Потоки пузырьков флюидов являются индикаторами состояния тектоники недр региона. За время наблюдения поступление пузырьков газа происходило в спокойном режиме. Нельзя исключать вероятности катастрофических выбросов флюидов в бухте Ласпи. На кратковременные значительные поступления метана и сероводорода в бухте Ласпи, возможно, указывают заморы крупной рыбы у побережья. Это иногда наблюдали местные рыбаки в осенний и зимний периоды. Можно предположить, что объемы поступления флюидов из сипов резко возрастут в периоды сейсмической активности. Подобное происходило во время Крымского землетрясения 1927 года. Очевидцы этого явления описывали возгорания газа в виде стометровых факелов над поверхностью моря и выбросы сероводорода. В будущем наблюдения за объемами поступления флюидов в бухте Ласпи позволят контролировать и делать прогноз сейсмическим процессам на Южном берегу Крыма.

Газовые флюиды бухты Ласпи характеризуются многокомпонентным газовым составом, который в количественном соотношении является постоянный во времени. По данным опробования он изменяется в течение часа и суток. По результатам анализов во флюидах преобладают концентрации углеводородных газов. Главным их компонентом является метан (55,74–61,18 %). В низких содержаниях во флюидах присутствуют этан, этилен, пропан, пропилен, бутан, изобутан, пентан, изопентан, неопентан и гексан. Их общее содержание меньше 1,03%. Кроме углеводородных газов во флюидах присутствует азот (9,6–40,1 %), кислород (0,27–8,9%), углекислый газ (0,099–0,37%), гелий (0,43–1,19 %), карбонилсульфид (0,048–0,081 ppm) и сероуглерод (0,16–4,15 ppm) и сероводород (0,03–0,047 ppm). Отбор проб газов осуществлялся в течение 10–15 минут, поэтому низкие концентрации CO_2 , H_2S , COS и CS_2 , возможно, связаны с хорошей растворимостью их в воде.

Содержания основных газов во флюиде контролируются соотношением их молекулярных весов. Чем он выше, тем ниже содержания этого газа в смеси. Их соотношение можно представить в следующем виде [(молекулярный вес) формула соединения (содержания в %)]:

(16) CH_4 (55,74–61,18); (28) N_2 (9,6–40,1); (32) O_2 (0,27–8,9); (44) CO_2 (0,099–0,37).

По составу флюиды бухты Ласпи имеют сходство с газами источника Аджи-Су (Черные воды), который расположен в зоне Севастопольско-Ульяновского разлома глубинного заложения в породах таврической серии [1]. Вместе с водой из источника поступает газ в объеме около 1,5 л/сут. В состав флюидов входят метан — 23%, тяжелые углеводороды — 0,91%, углекислый газ — 0,4%, сероводород — 0,1%, кислород — 1,8%, азот — 72%, кроме этого в нем отмечается гелий, неон, аргон и ксенон [1]. Флюиды сипов Ласпи имеют некоторое сходство с составом пузырьков газа на дне бухты Очеретай и грязевых вулканов Керченского и Таманского полуостровов [6]. Возможно, флюиды бухты Ласпи не всегда сохраняют такой состав. Он может меняться во времени, что, косвенно, подтверждают результаты многолетних наблюдений за газами грязевых вулканов суши [6].

Состав флюидов бухты Ласпи по разнообразию и составу газов имеет некоторое отличие от холодных сипов Черного моря [2, 3, 6]. По данным опробования факелов сипов на северо-западном шельфе и Днепровском каньоне, в состав флюидов входили следующие газы: метан (94,9–99,0%), тяжелые углеводороды (0,15%), азот (0,17–5,10%), углекислый газ (0,00–0,90%) [3]. Подобная разница в содержаниях связана с методикой опробования и временем отбора проб.

Наличие во флюидах сипов бухты Ласпи CO_2 , CH_4 , H_2S , N_2 , COS , CS_2 и He является доказательством их связи с эндогенными процессами. Подобный состав газов был выявлен при изучении газовых включений в гераклитах, кварцевых и кальцитовых жилах ряда месторождений. При их изучении установлена связь подобных флюидов с эндогенными процессами, что подтверждают данные изотопного состава углерода метана ($\delta^{13}\text{C}$ — 35,22‰) [3]. Возможно, формирование флюидов бухты Ласпи происходило и происходит в нижних горизонтах осадочной толщи на границе с магматическими породами.

По данным гидрохимической съемки дна бухты Ласпи газовые флюиды сопровождаются опресненными водными растворами. Их концентрация несколько ниже, чем 7,5 г/л. При выбросах растворов визуально не было заметно изменение мутности воды, что связано с незначительными объемами поступления опресненных вод из недр. Это подтвердили опробования, выполненные на расстоянии 0,5 и 1,0 м от центров сипов. Водные растворы сипов бухты Ласпи по объемам выходов на поверхность и минерализации имеют много общего с сопочными водами грязевых вулканов Керченского полуострова и других регионов. Для грифонов грязевых вулканов характерны незначительные объемы поступления водных растворов с малыми концентрациями в них солей от 3,8 до 12,4‰ [6]. Необходимо отметить, что выбросы опресненных вод встречаются в глубоководной части Тихого океана, в южной котловине Каспийского моря и в придонных слоях Балаклавского, Кагельского, Судакского, Ялтинского и других каньонов Черного моря. Некоторые исследователи считают, что это сток поверхностных вод с суши, хотя этому противоречат гидрологические и геологические условия. Существует большая вероятность, что опресненные воды в глубинных частях океанов и морей являются не поверхностным стоком, а материалом разгрузки холодных сипов.

Доказательством глубинной природы водных растворов сипов являются данные геохимических анализов. Их результаты анализов отличаются от морской воды не только концентрацией солей, но также содержанием геохимических элементов. Несмотря на низкие концентрации солей в водных растворах, содержание в них Br, B, Sr, Si, Li, Mn, Se, As, Hg, Be, Ti, Ga, Ge, As, Zr, Os, Pt, Au, Te, Cs, Ba, Bi Th U выше, чем в морской воде бухты Ласпи. В тоже время для морской воды бухты Ласпи характерны, по сравнению с анализами водных растворов флюидов, несколько повышенные содержания Al, Fe, Rb, Sr, Y, Mo, Sn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Pb и Hf.

Пробы растворов, из-за различных концентраций в них солей, отличаются друг от друга содержанием геохимических элементов. Как отмечалось выше, соленость является критерием разбавления водных растворов морской водой. Наблюдается закономерность содержаний геохимических элементов от ее присутствия. Самые высокие концентрации Br, B, Sr, Si, Li, Mn, Se, As, Hg, Be, Ti, Ge, As, Os, Pt, Au, Bi, Th, и U характерны для пробы Л-51(8,55 ‰), несколько ниже они в пробе Л-52 (9,29 ‰) и совсем низкие содержания этих химических элементов в анализах морской воды. Обратная зависимость присуща химическим элементам Fe, Rb, Y, Mo, Sn, Zn, Cu, Ni и Co. Самые высокие их концентрации присутствуют в морской воде, несколько ниже в пробе Л-52 и совсем низкие в анализе Л-51.

По повышенным содержаниям бора, брома и лития водные растворы сипов имеют некоторое сходство с сопочными водами грязевых вулканов [6]. Выходы газов холодных сипов и грязевых вулканов в Черном и Охотском морях обычно сопровождаются аномальными ореолами ртути [2]. Повышенные ее концентрации отмечаются в водных растворах флюидов сипов Ласпи. Поэтому по аналогии можно высказать предположение, что аномальные содержания ртути связаны с присутствием во флюидах водных растворов. Из-за малых объемов выбросов довольно сложно установить их присутствие на больших глубинах, где происходят процессы дегазации газа.

Присутствие во флюидах водных растворов и CH_4 , N_2 , CO_2 , He, H_2S , COS, CS_2 , He является подтверждением, что их образование связано глубинными метаморфическими процессами. При этом существует вероятность подпитки некоторым материалом из более глубоких горизонтов по разломам. Образование опресненных водных растворов холодных сипов, по предположению некоторых ученых, связано субкритической фазой сепарации при подъеме их к поверхности. При быстром вскипании флюида, он терял тяжелые фракции литофильных, халькофильных и редкоземельных элементов и обогащался газовой фракцией.

Приведенные выше результаты исследований подтвердили глубинную термогенную природу флюидов холодных сипов в бухте Ласпи. Впервые получены данные об их многокомпонентном газовом составе с присутствием холодных растворов. Глубинный генезис формирования флюидов подтверждают следующие признаки: приуроченность их выходов к разломам; периодичность и пульсирующий характер выбросов газа; непостоянство объемов выбросов и состава газовых флюидов; присутствие CH_4 , C_2H_8 , C_3H_8 , C_3H_6 , C_4H_{10} , iC_4H_{10} , nC_5H_{12} , iC_5H_{12} , CO_2 , H_2S , He, N_2 , COS и CS_2 ; тяже-

лый изотопный состав углерода; наличие водных растворов и их геохимический состав. Возможно, в будущем подобный состав флюидов будет установлен для многих сипов, которые находятся в прибрежных и глубоководных частях морей и океанов.

В настоящее время мировое сообщество обеспокоено изменением состава атмосферы и наступлением водной стихии на прибрежную зону суши [7, 8]. Некоторые исследователи полагают, что это связано антропогенной деятельностью человечества. Другие считают, что причинами увеличения водной массы океанов и углеводородов в атмосфере являются эндогенные процессы Земли. Объемы выбросов флюидов отдельными холодными сипами незначительны. Из сипов бухты Ласпи в атмосферу поступает не только метан, но и другие газы, хотя их объемы не значительны. Существенно больше поступает флюидов из сипов побережья Болгарии, Турции, Грузии и северо-западного шельфа Черного моря. Общие поступления из этих структур суммарных объемов газа выше сотни тысяч кубических метров в сутки. Поверхность на Земном шаре суши и дна океанов покрыта густой сеткой разломов. Ко многим из них приурочены холодные сипы. Можно предположить, что общее количество и временной фактор деятельности сипов оказывают значительное влияние на объемы поступления воды в гидросферу, газов в атмосферу. Выбросы флюидов холодных сипов эволюционно изменяют состав атмосферы и гидросферы. Низкие скорости этих процессов позволяют живым организмам приспособиться к новым физико-химическим условиям существования жизни на Земле.

Закключение. Впервые установлено, что флюиды в бухте Ласпи имеют многокомпонентный газовый состав и сопровождаются водными растворами. Кроме метана они содержат C_2H_8 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_3H_6 , C_4H_{10} , iC_4H_{10} , nC_5H_{12} , iC_5H_{12} , N_2 , He , CO_2 , O_2 , H_2S , COS и CS_2 . Водные растворы флюидов отличаются от морской воды содержанием солей и геохимических элементов. Флюиды бухты Ласпи имеют глубинную термогенную природу с некоторой подпиткой вещества из недр. Возможно, объемы их выбросов и состав контролируется неотектоническими движениями поднятия Горного Крым. Контроль над объемами выбросов и составом флюидов позволит наблюдать за сейсмическими процессами Горного Крыма.

Поступления флюидов из холодных сипов дна Мирового океана участвуют в эволюционном изменении состава атмосферы и гидросферы. Они являются контролерами их состава. Низкие скорости изменения состава атмосферы и гидросферы географической оболочек позволяют флоре и фауне приспособиться к новым физико-химическим обстановкам существования жизни на Земле.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 124020100120-9.

Литература

1. Альбов С. В., Самулева В. И. Районирование и характеристика минеральных вод // Гидрогеология СССР. Том 8. Крым. М. : «Недра», 1970. С. 263–276.

2. Егоров В. Н., Артемов С. Б., Гулин С. Б. Метановые сипы в Чёрном море: средообразующая и экологическая роль. Севастополь : НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2011. 345 с.

3. Леин А. Ю. Аутигенное карбонатообразование в океане // Литология и полезные ископаемые. 2004. № 1. С. 3–35.

4. Лысенко В. И., Шик Н. В. Современные процессы образования карбонатов, связанные с углеводородной дегазацией, в бухте Ласпи (Южный берег Крыма) // Пространство и Время. 2013. Т. 2, № 12. С. 151–157.

5. Обжиров А. И. Увеличение газовой составляющей при сейсмо-тектонической активизации и участие газа в возникновении землетрясений (Охотское море) // Тихоокеанская геология. 2013. Т. 32, № 2. С. 86–89.

6. Шнюков Е. Ф., Коболев В. П., Пасынков А. А. Газовый вулканизм Черного моря. Киев : «Логос», 2013. 383 с.

7. Aharon P. Geology and biology of modern and ancient submarine Hydrocarbon seeps and vents: an introduction // Geo-Marine Letters. 1994. V. 14 (2). P. 69–73.

8. Dimitrov L. Contribution to atmospheric methane by natural gas seepages on the Bulgarian continental shelf // Continental Shelf Researches. 2002. V. 22. P. 2429–2442.

V. I. Lysenko^{1, 2}

**FEATURES OF FLUIDS EMISSIONS OF COLD SEEPS OF LASPI BAY
INTO THE GEOGRAPHICAL SHELL OF THE EARTH
(SOUTHERN COAST OF CRIMEA)**

¹Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

²Branch of the M. V. Lomonosov Moscow State University in Sevastopol, Russia
niagara_sev@mail.ru

Relevance. There is a connection between climate change on Earth and the release of hydrocarbon compounds into the atmosphere. Some of them come from cold seeps of the sea and ocean bottoms. Studying their composition is a pressing issue of our time. *The aim of the research* was to study the gas and water composition of the fluids of the cold seeps of Laspi. *Methodology.* The volumes of emissions and the composition of gases were determined using the Chromatec-Crystal 5000 chromatograph with PID and DTP. A hydrochemical survey of Laspi Bay was performed. Analyses of aqueous solutions of fluids and seawater were performed using the ICP-MS method. *Results.* Seeps are characterized by non-constant emissions of fluid volumes and its variable composition. The fluid is represented by CH₄, C₂H₆, C₃H₈, C₄H₁₀, iC₄H₁₀, nC₅H₁₂, iC₅H₁₂, CO₂, O₂, H₂S, N₂, COS and CS₂. The presence of desalinated aqueous solutions with salinity up to 7.5‰ in the fluids was detected. They differ from seawater in geochemical composition. *Conclusion.* Fluids from seeps have a multicomponent gas composition and are accompanied by hydrothermal solutions. Their emissions participate in the evolutionary change in the composition of the atmosphere and hydrosphere.

А. А. Дикова

МИКРОПЛАСТИК В СЕЛЬДИ *CLUPEA PALLASII* И *CLUPEA HARENGUS*

Московский государственный университет международных отношений

МИД Российской Федерации

Dikova06@bk.ru

Водные биоресурсы, в частности — рыба, являются важнейшим источником пищи для людей во всем мире. Интенсивное распространение микропластика в морских экосистемах и его аккумуляция в гидробионтах актуализирует необходимость изучения качества потребляемой пищи. Целью работы является изучение сельдеобразных *Clupea pallasii* и *Clupea harengus*, которые обитают в Тихом и Северном Ледовитом океанах, на содержание микропластика в жабрах и в желудочно-кишечном тракте. В основу работы положены как литературные источники, так и собственные данные, полученные в результате лабораторных исследований. Делается вывод о необходимости адаптации к последствиям антропогенного воздействия, в т. ч. и для сокращения рисков для здоровья населения.

DOI: 10.15356/geoeeco_2024_1_9

Введение. На сегодняшний день пластик получил широкое распространение в промышленности благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам, что обусловило его повсеместное использование. Основные пути поступления пластика в морскую среду включают: сброс хозяйственно-бытовых сточных вод, загрязнение береговой полосы отдыхающими, атмосферные осадки, выбросы с судов и попадание остатков рыболовного снаряжения. Фрагментация крупных пластиковых отходов приводит к образованию макро-, микро- и наночастиц, которые представляют наибольшую угрозу для окружающей среды, поскольку аккумулируются в тканях животных организмов по трофическим цепям и вызывают патологические эффекты, такие как воспаление, мутации и гибель клеток [1; 2].

Согласно данным ВЦИОМ (май 2023 г.) доля россиян, покупающих рыбу и рыбную продукцию, остается стабильно высокой в последние пять лет, с разной периодичностью такие покупки совершают 93% (2018 — 95%). Среди видов рыб наибольшим спросом пользуются сельдь и скумбрия — их выбирали по 46% потребителей. Среди опрошенных россиян процентное соотношение рыбных пищевых предпочтений распределилось следующим образом: минтай 40%, форель 37%, семга 35%, килька/шпроты 31% [6]. В качестве объекта данного исследования были использованы особи сельди *Clupea*, как один из наиболее предпочитаемых видов рыб для употребления в пищу среди покупателей.

Микропластик в водных экосистемах, влияние на организм. Несмотря на органическое происхождение исходных веществ (пластик производят прежде всего из нефти, а также угля и газа), изделия из этого материала по оценкам экспертов, разлагаются только через сотни лет: например, разрушение пластиковой бутылки в океане займет около 450 лет, полиэтиленового пакета (на микропластик) — до 20 лет [3].

Обсуждается влияние микропластикового мусора на прибрежные и морские арктические водные экосистемы с основным фокусом на рыбу. Отмечается, что негативное влияние аккумуляции микропластика (МП) в организмах гидробионтов приобретает угрожающий характер и для здоровья и благополучия проживающего там населения [8].

Микро- и нанопластик способны к длительной персистенции в окружающей среде, а при поступлении в организм способны к всасыванию, транслокации во внутренние органы, обладают общетоксическим, нейротоксическим, иммунотоксическим действием, репродуктивной токсичностью, влияют на кишечный микробиоценоз, могут служить векторами химических токсикантов, патогенных бактерий и вирусов.

Обостряет ситуацию то, что количественная оценка рисков микро- и нанопластика затрудняется отсутствием точных данных об их содержании в объектах окружающей среды и продукции, референтных безопасных уровней и методов их определения пищевой продукции, тканях животных и растений [5].

Определение микропластика в рыбе и анализ полученных результатов. В ходе исследования на наличие МП в жабрах и желудочно-кишечных трактах (ЖКТ) было изучено по 30 штук рыб сельди, выловленных в Тихом и Северном Ледовитом океанах, согласно указаниям производителей. Рыбы были куплены в нескольких магазинах. Препарирование купленных рыб и вся практическая часть работы проводились в лаборатории Центра педагогического мастерства (г. Москва).

У купленных рыб были отделены ЖКТ и жабры, которые в дальнейшем были залиты 10% раствором КОН в соотношении 1:20 по сырому весу, согласно методике [9]. Далее залитые жабры и ЖКТ рыб были выдержаны на водяной бане в течении 48 часов при температуре 40°C [9]. Растворы с ЖКТ и жабрами фильтровали через металлические сито с диаметром ячейки 2 мм, далее через фильтр с диаметром 120 мкм. Для удаления жира микропластик был промыт в 70% растворе спирта этилового. Далее частицы микропластика были изучены под микроскопом, размер частиц определялся при помощи окуляра микрометра [9]. Также в ходе исследования микрометром была измерена средняя длина частиц микропластика.

В ходе анализа ЖКТ *Clupea pallasii* (Тихий океан), было выявлено, что из 30 рыб 19 содержат микропластик, 11 из них содержали его в ЖКТ, 8 — в жабрах. *Clupea harengus* (Северный Ледовитый океан) из 30 рыб 14 содержат микропластик: 9 рыб — в ЖКТ, 5 рыб — в жабрах (рис. 1). Большое процентное распределение микропластика в сторону ЖКТ можно объяснить его биоаккумулятивными свойствами. Данные средней длины частиц микропластика приведены в таблице 1.

Средняя длина частиц микропластика в жабрах сельди изменялась от 812,6 мкм (выловлен в Северном Ледовитом океане) до 863,7 мкм (выловлена в Тихом океане). Средняя длина частиц микропластика в ЖКТ сельди изменялась от 759,4 мкм (выловлена в Тихом океане) до 761,3 мкм (выловлена в Северном Ледовитом океане). Средняя длина частиц микропластика меньше в желудочно-кишечном тракте, чем в жабрах. В

жабрах сельди по форме преобладали нити, в ЖКТ преобладали фрагменты микропластика

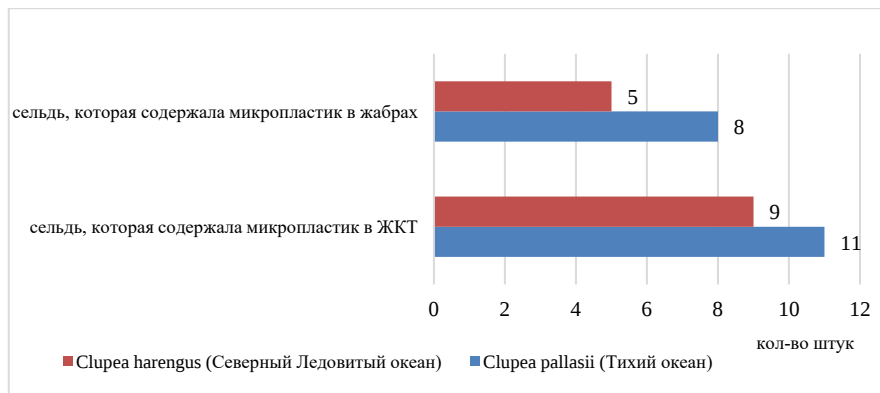


Рис. 1. Соотношение сельди (по количеству штук), выловленной в Тихом и Северном Ледовитом океанах, в ЖКТ и жабрах которых был обнаружен микропластик

Таблица 1

Распределение частиц микропластика в жабрах, ЖКТ сельди по форме, средняя длина частиц микропластика

Виды проб	Распределение по форме (%)				Средняя длина (мкм)
	Пленка	Гранулы	Фрагмент	Нити	
Жабры <i>Clupea pallasii</i> (Тихий океан)	6,7	20	13,3	60	863,7
ЖКТ <i>Clupea pallasii</i> (Тихий океан)	0	26,7	53,3	20	759,4
Жабры <i>Clupea harengus</i> (Северный Ледовитый океан)	10	23,3	23,3	43,3	812,6
ЖКТ <i>Clupea harengus</i> (Северный Ледовитый океан)	6,7	26,6	30	36,7	761,3

Таким образом, в выборке тихоокеанской сельди было обнаружено большее количество рыб, загрязненных микропластиком, чем в выборке сельди из Северного Ледовитого океана. В имеющихся научных публикациях выдвигается предположение, что это связано с тем, что воды Тихого океана больше загрязнены ТКО и микропластиком по сравнению с водами Северного Атлантического океана [7]. Согласно работе Н. С. Куделькина [7], воды двух океанов значительно загрязнены микропластиком. Данный вид загрязнения распространен в Арктике, причем даже в районах, в которых не ведется активная антропогенная деятельность. Микропластик попадает в воды Северного Ледовитого океана не только из источников, которые расположены в Арктике, но и из отдаленных регионов, в результате переноса с океаническими течениями, воздушными массами и стоком рек [4].

Выражаю благодарность своим научным руководителям в реализации работы: Наталье Евгеньевне Рязановой, Ирине Анатольевне Каргапольцевой и Наталье Леонидовне Пономаревой.

Литература

1. Биотрансформация и биоаккумуляция загрязняющих веществ [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/4639983/page:13/> (дата обращения: 20.12.2023).
2. Гмошинский И. В., Шипелин В. А., Хотимченко С. А. Микропластики в пищевой продукции: происхождение, свойства и возможные риски [Электронный ресурс] // Журнал «Медицина труда и экология человека». 2022. URL: <https://cyberleninka.ru/journal/n/meditsina-truda-i-ekologiya-cheloveka?i=1112183> (дата обращения: 20.11.2023).
3. Гуйван Г. А., Панин Р. М. Особенности изменения структуры микропластика в окружающей среде и его влияние на живые организмы [Электронный ресурс]. 2023. URL: https://vk.com/doc492995979_640114781?hash=Lky4zhBhdnvG0rRRA9dRcZMwSGt7ysV2w9lIPhS8xNH&dl=XntUnxVl7vBbsksdXkHNZbDa8knF6jbY0yZ2fJGzaY8 (дата обращения: 07.07.2023).
4. Зайков К. С., Соболев Н. А. Загрязнение морским мусором западного сектора Российской Арктики // АиС. 2021. №43. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zagryaznenie-morskim-musorom-zapadnogo-sektora-rossiyskoy-arktiki> (дата обращения: 18.12.2023).
5. Иванова Л. В., Соколов К. М., Харитонов Г. Н. Тенденции загрязнения пластиком акваторий и побережья Баренцева моря и сопредельных вод в условиях изменения климата // АиС. 2018. №32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-zagryazneniya-plastikom-akvatorii-i-poberezhya-barentseva-morya-i-sopredelnyh-vod-v-usloviyah-izmeneniya-klimata> (дата обращения: 18.12.2023).
6. Исследование потребительских предпочтений на рынке рыбы и морепродуктов [Электронный ресурс]. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/rybnyi-den-ili-o-potreblenii-ryby-v-rossii> (дата обращения: 10.11.2023).
7. Куделькин Н. С. Правовая охрана морской среды от загрязнения пластиком в Российской Федерации [Электронный ресурс] // Юридические исследования. 2022. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravovaya-ohrana> (дата обращения: 21.12.2022).
8. Obiero K., Meulenbroek P., Drexler S. et. al. The Contribution of Fish to Food and Nutrition Security in Eastern Africa: Emerging Trends and Future Outlooks // Sustainability. 2019. no. 11 (6). P. 1636. DOI 10.334/sul1061636
9. Santana M. F. M. et al. Ingestion and depuration of microplastics by a planktivorous coral reef fish, pomacentrus amboinensis [Electronic resource] // Frontiers in Environmental Science. 2021. V. 9. URL: https://www.researchgate.net/publication/350564134_Ingestion_and_Depuration_of_Microplastics_by_a_Planktivorous_Coral_Reef_Fish_Pomacentrus_amboinensis (дата обращения: 22.12.2023).

A. A. Dikova

**MICROPLASTICS IN *CLUPEA PALLASII*
AND *CLUPEA HARENGUS* HERRING**

Moscow State Institute of International Relations (MGIMO)

Dikova06@bk.ru

Aquatic bioresources, in particular fish, are the most important source of food for people all over the world. The intensive spread of microplastics in marine ecosystems and their accumulation in aquatic organisms actualizes the need to study the quality of consumed food. The aim of the work is to study the herring-like *Clupea pallasii* and *Clupea harengus*, which live in the Pacific and Arctic oceans, for the content of microplastics in the gills and gastrointestinal tract. The work is based on both literary sources and our own data obtained as a result of laboratory studies. A conclusion is made about the need to adapt to the consequences of anthropogenic impact, including to reduce risks to public health.

А. Е. Петренко

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ГОРНОГО КРЫМА

Филиал Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова
в г. Севастополе
shura.petrenko.2004@mail.ru

Население Горного Крыма в определенные годы испытывает проблемы с водоснабжением. В такие годы крымчане активно используют родниковую воды для собственных нужд. Также использование родников возросло с развитием туризма в Горном Крыму. Целью статьи является геолого-гидрогеологическое исследование и анализ антропогенного воздействия на поверхностные источники Горного Крыма. Были проведены гидрогеологические работы по обследованию родников и изучения качества воды. Основными индикаторами антропогенного загрязнения родниковых вод являются соединения азота (аммиак, нитриты, нитраты) и фосфора (фосфаты). В ходе исследований было установлено, что родники, которые тяготеют к крупным поселениям, испытывают более серьезную антропогенную нагрузку по сравнению с родниками, которые располагаются в отдаленных горных районах Крыма. На основании проведенных исследований была создана интерактивная карта родников, записана серия роликов об их экологическом состоянии на платформе «YouTube», а также разработан сайт «Родники Республики Крым и города Севастополя».

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_10

Введение. В мире наблюдается тенденция сокращения ресурсов пресных вод и ухудшения ее качества из-за роста антропогенной нагрузки на водоносные горизонты. В настоящее время проблеме «чистой питьевой воды» уделяется особое внимание во всех странах мира. Для Крымского полуострова вопросы качественного водоснабжения были актуальными во все времена. В настоящее время обострение этой проблемы связано с перебоями работы Крымского канала и с увеличением туристического потока на курорты Крыма.

До конца XIX века для хозяйственных и питьевых нужд население Горного Крыма и Южного берега Крыма использовала в основном воду из родников. За ними осуществлялся контроль и поддерживался санитарный порядок вокруг родников местным населением. С середины XX века большинство поселков перешло на водопроводное водоснабжение из поверхностных водохранилищ. В засушливые периоды, которые повторяются в Крыму через 3–5 лет, в такой системе подачи воды наблюдается сбой. В этот кратковременный период родники являются основными источниками воды для значительной части населения. В последнее время в Крыму произошло возрождение пешеходного туризма. В маршрутах туристы в основном пользуются водой из поверхностных источников. Обычно, среди населения установилось мнение, что родниковая вода является более чистой, чем из централизованных источников. В то же время отсутствуют, какие-либо данные о качественном составе воды и экологиче-

ском состоянии поверхностных источников. Исходя из вышесказанного, исследование по оценке экологического состояния поверхностных источников Горного Крыма являются актуальной задачей в настоящий момент.

Целью работы являлись исследования экологического гидрогеологического состояния поверхностных водных источников и территории вокруг них. В задачу работ входило изучение химического состава воды, выяснения качества воды в зависимости от экологической обстановки источников, составления гидрогеологических паспортов родников и интерактивной карты состояния и расположения поверхностных источников.

Гидрогеология района исследования. Юго-Западная часть Крыма включает в себя три подрайона: Северо-западная часть Главной Крымской гряды; моноклиальный предгорий и Гераклеийский полуостров. Главная гряда сложена триасовыми и юрскими породами. Верхнетриасовые, нижнеюрские и среднеюрские сланцы составляют основание Главной гряды. Они почти безводны и источники в них очень редко встречаются. Вода в них циркулирует по трещинам в поверхностных частях и в элювиально-делювиальном покрове над ними. Воды таврических сланцев и средней юры слабо солоноваты и с высоким содержанием сульфатов. Породы триаса, нижней и средней юры служат водоупорным горизонтом для налегающих на них верхнеюрских пород. Главную роль в Главной Крымской гряде играют карстовые воды в известняках верхней юры. Питание их связано с обильными осадками, выпадающими на яйле. Обычно наблюдается два паводочных периода: осенний и весенний. Кроме атмосферных осадков, в общем гидрогеологическом режиме имеет некоторое значение конденсация влаги. Особенностью поверхностных источников Горного Крыма является резкое колебание расхода воды в зависимости от времен года. Верхнеюрские известняки являются основными коллекторами вод. Они сильно трещиноватые и интенсивно закарстованы. В толще известняков преобладают вертикальные движения вод, которые сменяются на горизонтальные вблизи пород водоупоров. Поверхностные источники встречаются в известняках вблизи контактов их со сланцами. Местами они попадают в делювий и, пройдя в нем некоторое расстояние, воды выходят на дневную поверхность. В районе Главной гряды известно более двух тысяч источников. Значительная часть из них пересыхает в летний период.

Подрайон моноклиальных предгорий сложен меловыми и палеогенными породами. Подземный сток контролируется прослоями мергелей, глин и, подстилающими их с некоторых мест, сланцами. Часто подпитка подземных вод осуществляется из верхнеюрских известняков. В регионе подземные воды циркулируют в песчаниках, конгломератах, и известняках валанжина, готерива и баррема. С выходами этих пород на поверхность связаны основные родники и колодцы.

В Гераклеийском подрайоне подземные воды встречаются в породах сарматского яруса и среднего миоцена. Воды выходят на дневную поверхность в балках и береговых обрывах. Водоносными породами являются многочисленные прослои известняков. Водоупорными породами служат глины нижнего сармата, кора выветривания

юрских изверженных пород и мергели верхнего мела. Вода пресная, но некоторые источники вблизи моря характеризуются повышенной минерализацией [3].

Методы проведения исследований. В 2023 и 2024 гг. выполнялись гидрогеологические обследования поверхностных источников Горного Крыма. Был проведен комплекс измерений химических и физических параметров воды. По полученным результатам составлялись гидрогеологические паспорта родников. Местоположения уточнялась с помощью приложения «Яндекс карты».

В ходе полевых исследований измерялись следующие показатели: дебит, температура воды, температура воздуха, минерализация, органолептические показатели (вкус и запах), концентрация нитратов и фосфатов (тест-системами «NILPA HOME»). Отбор проб воды проводился в бутылки объемом 1 литр. Гидрохимические исследования проводились в день отбора пробы.

Дебиты источников измерялись с помощью объемного метода. Для этого использовался мерный цилиндр на 500 мл с ценой деления 5 мл. Измерения проводились три раза, а после рассчитались средние значение. Температура воды измерялась с помощью термометра ТМ10-2 с погрешность $\pm 0,2$ °C. Определения концентраций нитратов и фосфатов проводилось на приборе «TDS-4TM HM Digital» с относительной погрешностью 2%. Принцип его работы основан на измерении электропроводности воды, которая связана минерализацией. Замеры содержаний определялись в течение двух минут.

Отдельные пробы из родников были проанализированы в лабораториях ГАУ РК ЦЛАТИ и «Фильтр92» на водородный показатель, общую и карбонатную жесткость, концентрацию нитратов, нитритов, аммония, фосфатов, общее железо, общая медь и перманганатная окисляемость. Для исследований химического состава воды использовался набор капельных тестов «NILPA HOME», тест-системы «Крисмас+» и «Ecvols».

По полученным результатам была составлена интерактивная карта и сайт поверхностных источников Юго-Западного Крыма.

Для изучения зависимости изменения дебита родников от температуры и выпадающих осадков автором были обработаны материалы измерений по источнику «Бабу-Корыто». Эти данные были предоставлены Викторией Федоренко, сотрудником ГАУ РК ЦЛАТИ. Информация о температуре и осадках за период с 2021 по 2024 года была взята с сайта «Погода и Климат».

Результаты обследования поверхностных водных источников. В результате проведенных гидрогеологических и геологических исследований собраны данные для составления гидрогеологических паспортов поверхностных источников. В паспорта входила следующая информация: топографическая и высотная привязка, формы элементов рельефа, возраст и состав отложений водоносного горизонта, гидрогеохимия воды, нисходящий или восходящий источник, санитарное состояние вокруг родника и фотография источника [2]. Кроме этого полученная информация использовалась для разработки интерактивной карты «Родники Севастополя и Республики Крым», которой мог бы пользоваться любой местный житель.

Для составления карты все исследуемые поверхностные родники были ранжированы на три категории: «чистые», «условно чистые» и «загрязненные». К «загрязненным» относятся родники, у которых концентрация нитратов превышала 10 мг/л и фосфатов больше, чем 0,5 мг/л. Все они находятся вблизи зоны городской застройки. Родники, которые относятся к группе «условно чистые», характеризуются концентрациями нитратов в пределах от 5 до 10 мг/л, а фосфатов в диапазоне от 0,25 до 0,5 мг/л. Остальные исследованные родники выделяются нами в категорию «чистые». В качестве основного загрязняющего химического соединения родниковой воды на территории исследования являются нитраты. Потребление воды, загрязненной нитратами, ведет к развитию таких серьезных заболеваний, как рак щитовидной железы, патологии сердечно-сосудистой системы и печени, желудочно-кишечного тракта и др. [5].

Кроме этого, для ранжирования родников учитывалось экологическое состояние поверхности вокруг выходов источников. При этом учитывались следующие параметры: близость родника к возможным источникам загрязнения, санитарное состояние вокруг источника, целевое использования воды местными жителями. Наши результаты исследования сравнивались с данными обследования, проведенными ГАУ РК ЦЛАТИ и проектом СевГУ «Родники Севастополя» (рис. 1). Эта оценка доказала состоятельность использования тест-системы «NILPA HOME».

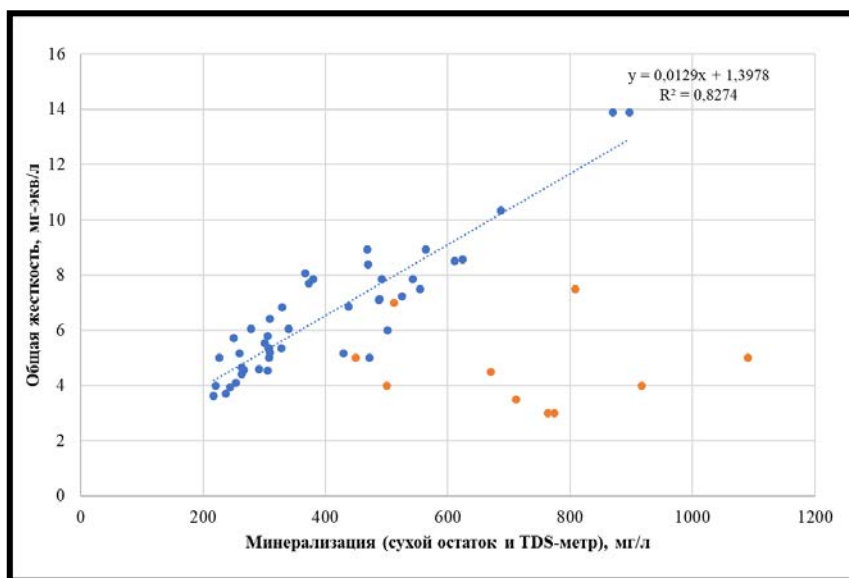


Рис. 1. Влияние минерализации на общую жесткость (синий кружок — исходные данные по результатам обследования наших источников; оранжевый кружок — результаты исследования СевГУ)

В ходе сравнения данных о жесткости и минерализации с результатами СевГУ «Родники Севастополя» оказалось, что с ними имеется значительное расхождение. На

нашем сводном графике данных результатов хорошо видно, что минерализация и общая жесткость имеет связь между собой ($r=0,91$). Подобное отмечается в результатах обследования поверхностных и подземных вод в научной литературе [7].

В ходе анализа интерактивной карты было установлено, что содержание нитратов и фосфатов зависит от присутствия рядом населенных пунктов (рис. 2). Такое влияние зависит от площади питания этих родников и направления подземных водных потоков. Большинство источников загрязнения подземных вод располагается в пределах и рядом с городской чертой Севастополя. Основными источниками нитратов и фосфатов в пределах городов являются канализационные и ливневые стоки от жилых помещений, несанкционированные свалки, выгребные ямы, кладбища, а также сельскохозяйственные территории (виноградники в горных районах) и дачные участки [4, 6]. Также стоит отметить, что нитраты отлично растворяются в воде и плохо адсорбируются вмещающими породами, поэтому анионы нитратов способны переноситься на большое расстояние от источников загрязнения.

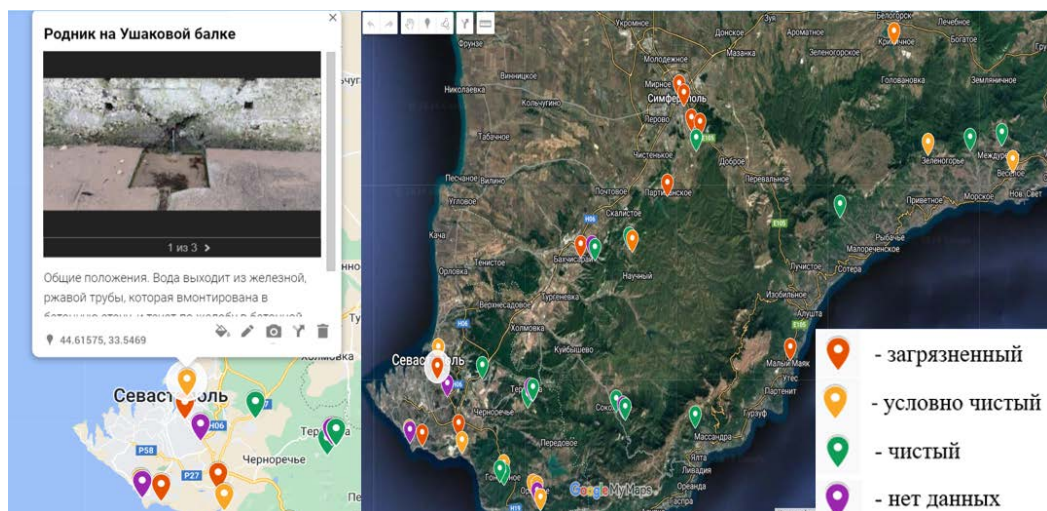


Рис. 2. Интерактивная карта о качестве родниковой воды на территории Горного Крыма

По результатам обработки данных о температурах и расходах источника «Бабу-Корыто» (г. Ялта) за период с 2021 по 2024 год было установлено, что поверхность его питания находится в области транзита трещинно-карстовых известняков. Из графика видно, что дебит родника довольно быстро реагирует на ливневые аномальные осадки (рис. 3).

Зависимость дебита поверхностного источника «Бабу-Корыто» от температуры представлено на рис. 4. На нем хорошо видно, что имеется сезонная цикличность по временам года. Обращает на себя внимание также сильная корреляционная зависимость ($0,71$, $t>0,99$) между параметрами средняя месячная температура воды — средняя месячная температура воздуха. Снижение температуры воды в июле 2021 года связано с поступлением в водоносный горизонт более холодных ливневых осадков, а

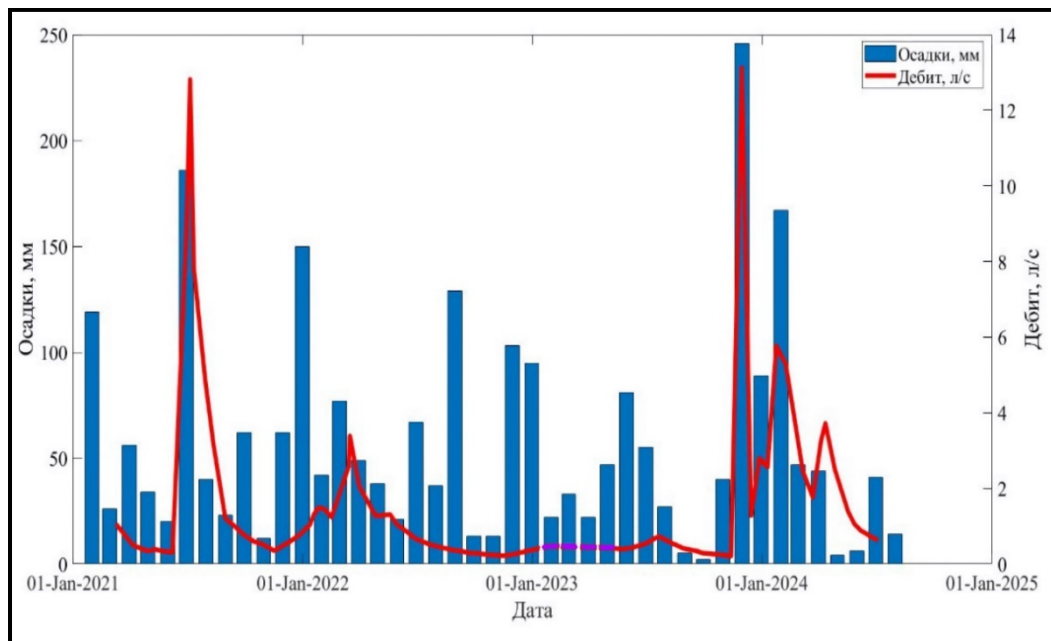


Рис. 3. Связь между выпадением осадков и дебитом (л/с) родника «Бабу-Корыто» (г. Ялта). По материалам исследования ГАУ РК ЦЛАТИ

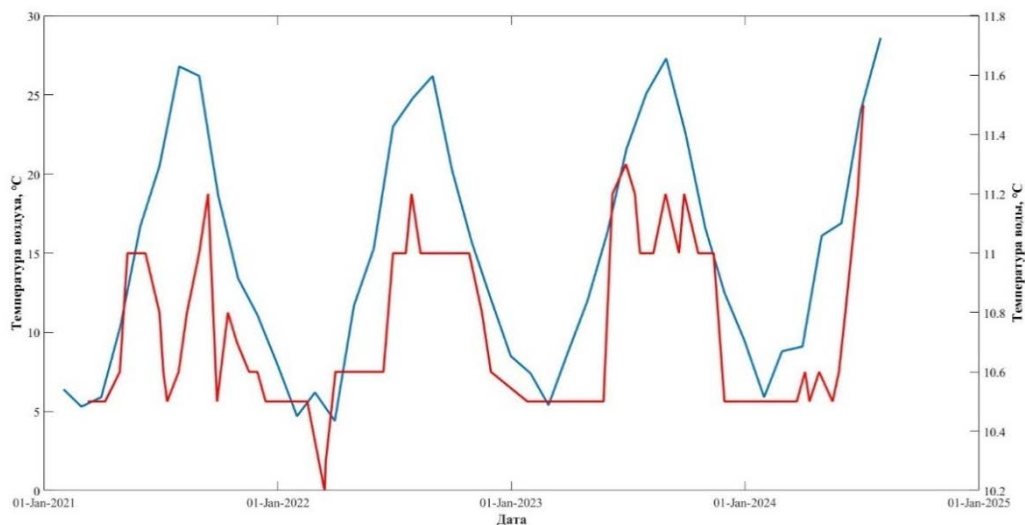


Рис. 4. Изменение температурного режима воды в роднике «Бабу-Корыто» (г. Ялта) в зависимости от температуры воздуха. По материалам исследования ГАУ РК ЦЛАТИ

падение температуры воды в июле — августе 2022 года, также приурочено к поступление более холодных летних осадков. Минимальные температуры воды в январе —

феврале объясняются не только минимальными среднемесячными температурами воздуха зимой, но и максимальными зимними дебитами [1].

Результаты исследований автора были использованы для записи серии роликов об экологическом состоянии поверхностных источников на платформе «YouTube», а также разработан сайт «Родники Республики Крым и города Севастополя». Этими данными и интерактивной картой может пользоваться каждый желающий для получения информации о качестве родниковой воды в Горном Крыму.

Заключение. Проведенные гидрогеологические и геологические исследования поверхностных источников Горного Крыма позволили создать гидрогеологические паспорта родников и интерактивную карту их экологического состояния.

По результатам обработки источника «Бабу-Корыто» (г. Ялта) было установлено, что дебит родника связан с выпадением осадков и сезонными температурами воды.

В результате обследования родников было установлено, что серьезную антропогенную нагрузку испытывают источники, которые находятся в пределах городской черты. Обращает на себя внимание тот факт, что поверхность вокруг них довольно часто находится в антисанитарном состоянии.

Результаты экологического состояния поверхностных источников выложены на сайт «Родники Республики Крым и города Севастополя» и дублируются интерактивной картой.

Выражаю большую благодарность за предоставление данных о дебитах и температурах воды родника «Бабу-Корыто» Виктории Федоренко, сотруднику ГАУ РК ЦЛАТИ, а также доценту кафедры географии океана В. И. Лысенко за руководство проделанной работой.

Литература

1. Амеличев Г. Н., Токарев С. В., Токарев И. В. Формирование и режим карстовых подземных вод в бассейне р. Абдалка (Предгорный Крым) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2019. Т. 5, № 2. С. 202–233.
2. Всеволожский В. А. Основы гидрогеологии : Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Изд-во МГУ, 2007. 448 с.
3. Дублянский В. Н., Кикнадзе Т. З. Гидрогеология карста Альпийской складчатой области юга СССР. М. : Наука, 1984.
4. Кириенкова И. О., Львов А. В., Ничкова Л. А. Исследование качества подземных вод Крымского полуострова // Система контроля окружающей среды. 2019. С. 132–128.
5. Косарев А. В., Иванов Д. Е., Микеров А. Н., Савина К. А. Оценка канцерогенного и неканцерогенного рисков здоровью, обусловленных качеством питьевой воды родников // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99, № 11. С. 1294–1300.
6. Сигора Г. А. Анализ нитратного загрязнения подземных вод г. Севастополя // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы : материалы

четвертой науч.-практ. конф. (г. Петрозаводск, 30 сентября – 2 октября 2015 г.). Воронеж : ООО «Издательство «Научная книга», 2015. С. 119–122.

7. Справочное руководство гидрогеолога. 3-е изд., перераб. и доп. Т. 1 / В. М. Максимов, В. Д. Бабушкин, Н. Н. Веригин и др. ; под ред. В. М. Максимова. Л. : Недра, 1979. 512 с.

A. E. Petrenko

THE ECOLOGICAL STATE OF THE SURFACE SPRINGS IN THE MOUNTAINOUS CRIMEA

Lomonosov Moscow State University, branch in Sevastopol
shura.petrenko.2004@mail.ru

The population of Mountainous Crimea has experienced problems with water supply in some years. During these years, Crimeans have actively used spring water for their needs. The use of springs has also increased with the development of tourism in Mountainous Crimean territory. The aim of this article is to conduct a geological and hydrological study and analyze the impact of human activity on the surface springs of the region. Hydrogeological research was conducted to survey and examine the quality of water from springs. The main indicators of human pollution in spring waters include nitrogen compounds (ammonium, nitrites, nitrates), and phosphorus (phosphate). During the study, it was discovered that springs near large settlements are subjected to a greater anthropogenic burden compared to those located in remote areas of Mountainous Crim. Based on the research, an interactive map of springs was created. A series of videos about their environmental conditions were recorded on the YouTube platform. The website 'Springs of the Republic of Crimea and the City of Sevastopol' was also developed.

А. Е. Пигарева
ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ ТЕРРИТОРИИ
ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА
«МАЛАЯ СОСЬВА» ИМ. В. В. РАЕВСКОГО ЗА ПОСЛЕДНИЕ 30 ЛЕТ

Тюменский государственный университет

В статье приведен анализ показателей фактической горимости лесов на территории Государственного природного заповедника «Малая Сосьва» им. В. В. Раевского в период с 1988 по 2023 годы. Максимальная пожарная опасность за исследуемый период наблюдалась в 1989 г., 2007 г, когда огнем было уничтожено 7254 (3,2 % от площади заповедника) гектаров лесных земель, зафиксировано 67 пожаров. Выявлено, что одними из основных факторов повышенной пожароопасности остаются погодные (высокие температуры, малое количество осадков, сухие грозы) и лесорастительные условия (преобладание хвойных пород и наличие лесных горючих материалов — проводников горения). По результатам обработки данных спутниковых снимков составлены картосхемы границ и размеров пожаров и гарей. Выявлено, что чаще всего подвержены пожарам участки, горевшие ранее, сосновые лишайниковые и бруснично-лишайниковые леса, а также комплексы олиготрофных болот.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_11

Введение. Лесные пожары лесоболотной зоны Западной Сибири являются важным фактором, нарушения естественной среды, находящейся в границах особо охраняемых территориях (ООПТ), преобладающий ландшафт которых, представлен преимущественно хвойными лесами. Такие экосистемы обладают низкой способностью к восстановлению из-за воздействия суровых климатических условий, соответственно уничтожение таких лесов может привести к необратимым последствиям.

Целью данной работы является изучение динамики лесных пожаров на территории Заповедника за последние 30 лет.

По данным Федерального агентства лесного хозяйства на 2024 г. в России было зафиксировано 9765 лесных пожаров, из них на территории Ханты-Мансийского автономного округа — Югра (ХМАО — Югра) — 301. В последние годы на территории Ханты-Мансийского автономного округа наметилась тенденция к росту площади лесных территорий, поврежденных пожарами. В одних случаях они возникают по вине человека, в других — сама природа создает условия для их возникновения. Естественные причины, чаще свойственны для ООПТ, участки которых изъяты из хозяйственного использования, и куда доступ для человека ограничен. Возникновение и распространение лесных пожаров во многом определяется географической широтой местности, ведущими факторами являются сочетание погодных и ландшафтных условий на территории.

Методы исследования. Информационной основой для работы послужили: архивные материалы заповедника (журнал учета лесных пожаров, летопись природы и пр.), данные Ханты-Мансийской базы авиационной и наземной охраны лесов, а также материалы полевых исследований в юго-восточной части Заповедника.

Для определения количества и площади пожаров на юге Тюменской области было проведено изучение пирогенных ландшафтов в программном комплексе QGIS на примере разновременных мультиспектральных спутниковых снимков Landsat-5\TM, Landsat-8\OLI с пространственным расширением 30 м (за летний период с 1988 по 2023 годы), имеющих минимальный облачный покров и атмосферную дымку. Источником космической информации является сайт Геологической службы США — USGS [1].

Спутник Landsat 8 с приборами Operational Land Imager (многоканальный сканирующий радиометр) и Thermal Infrared Sensor (сканирующий двухканальный ИК-радиометр) выведен на орбиту в 2013 году. Спутник характеризуется наличием спектральных каналов в том числе необходимых для оценки последствий пожаров, а также один тепловой канал. Ниже представлены основные технические характеристики космических снимков Landsat-8/OLI по данным [1]. Предварительная обработка спутниковых снимков включала радиометрическую калибровку, атмосферную коррекцию и географическую привязку.

На космических снимках территории Заповедника (рис. 1), при комбинации каналов 7–4–2 для LANDSAT-5\TM и 7–5–3 для LANDSAT-8/OLI участки, которые подвергались пожарам в определенные годы, хорошо прослеживаются и отличаются от нетронутой огнем территории, гарь выделяется как красно-коричневая область на фоне сохранившейся растительности.

Результаты. Исследования проведены на территории ФГБУ «Государственный природный заповедник «Малая Сосьва» им. В. В. Раевского» (далее — Заповедник) Ханты-Мансийского автономного округа ЮГРЫ в центральных районах Западной Сибири.

Рельеф исследуемой территории значительно расчлененный, пологоувалистый, местами холмисто-увалистый. Равнинные места чередуются с возвышенностями (увалами). Преобладающие абсолютные высоты 120–140 м максимальная высота в заповеднике — 154 м над уровнем моря.

Дифференциация климатических условий обусловлена барьерным эффектом Уральских гор. Для территории исследования характерна умеренно суровая, облачная и многоснежная зима, которая после короткой весны сменяется сравнительно теплым и влажным летом. Климат в пределах заповедника Малая Сосьва характеризуется наименьшей континентальностью по отношению ко всей Западной Сибири, что обусловлено его расположением на северо-западе.

На территории Заповедника большое количество лесов представлены древостоями пирогенного происхождения. Средний возраст лесов — 130–180 лет. Класс бонитета — IV-V. Основными лесными формациями являются кедровая, сосновая, еловая, пихтовая, березовая. Кроме вторичных сосновых лесов, в Заповеднике расположены березовые, елово-березовые и березово-еловые леса, которые были сформированы в результате пожаров в коренных темнохвойных лесах. Темнохвойные леса имеют очень малый процент распространения еще и за счет того, что пожары часто повторяются и темнохвойная растительность не успевает восстановиться [2].

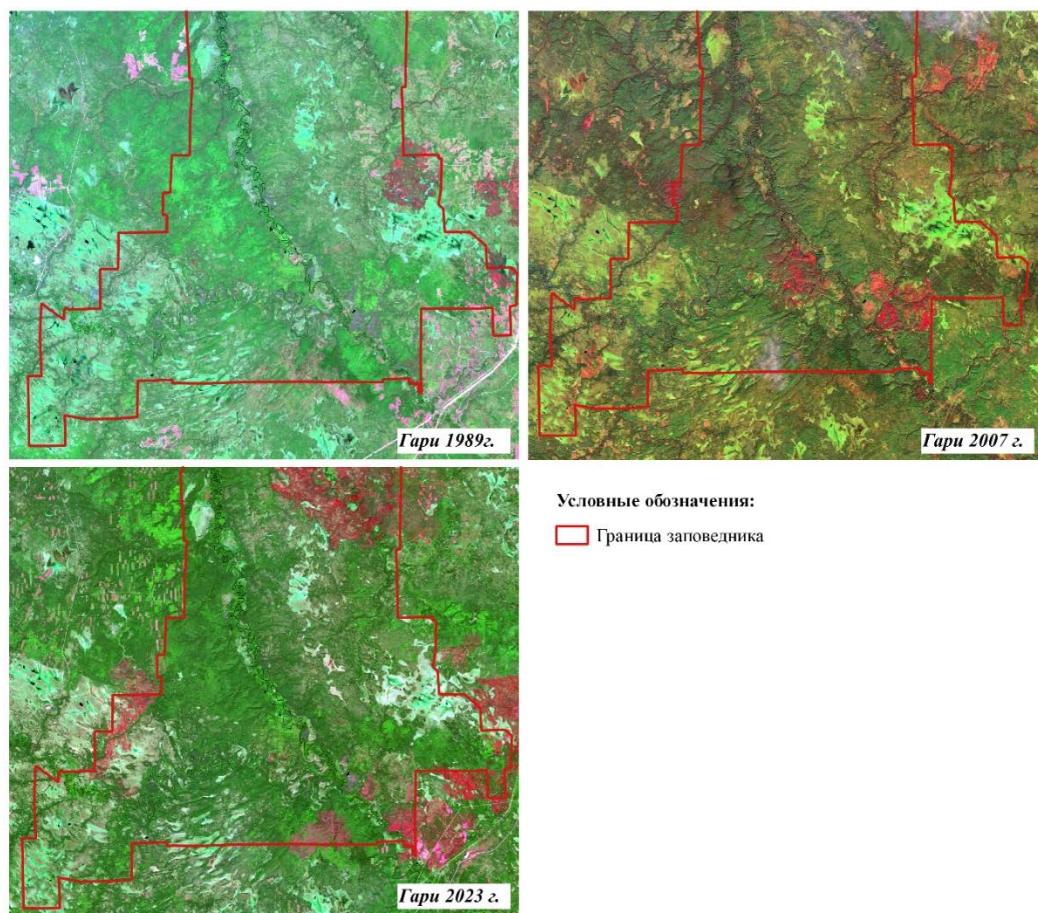


Рис. 1. Визуализированные снимки Landsat в каналах 7–4–2 (1989 г.) 7–5–3 (2007 г., 2023 г.) территории Заповедника (масштаб 1:500000)

В состав заповедника входит три участковых лесничества: Шухтунгортское, Ханлазинское, Хангокуртское. По фондовым данным заповедника (рис. 2), данным космических снимков было выявлено, что наиболее часто пожары возникали в Хангокуртском лесничестве.

С момента отслеживания пожаров на территории заповедник, а именно с 1988 года, за последние 35 лет, число возгораний составило 173 (рис. 3), из которых большая часть расположена в южной и юго-восточной части заповедника (охранная зона).

Суммарная площадь выгоревших участков составила 13903,31 га, что составляет 6,16 % от общей площади заповедника. Самые большие площади, подвергшиеся пожарам зафиксированы в 1989 г. — 4647 га, 1993 г. — 2192 га, 2007 г. — 3964 га., 2020 г. — 2832,20 га. Несмотря на то, что в 2012 г возгораний было много 32, площади их были небольшие (11,5 га). В юго-восточной части заповедника за весь исследуемый период (с

1988 по 2023 г.) наблюдалось самое наибольшее число возгораний. Площадь поврежденных лесных насаждений от пожаров значительно снижалась в периоды с 1994 г. до 1998 г., с 2008 г. по 2011 г., с 2016 г. по 2019 г.

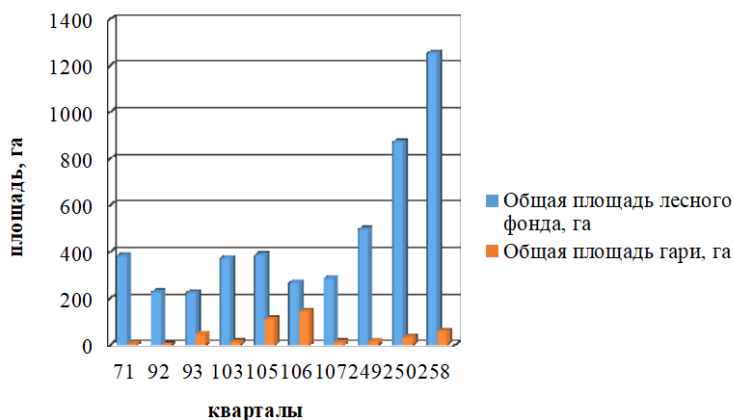


Рис. 2. Лесные земли Хангокурского лесничества, подвергшиеся пожарам

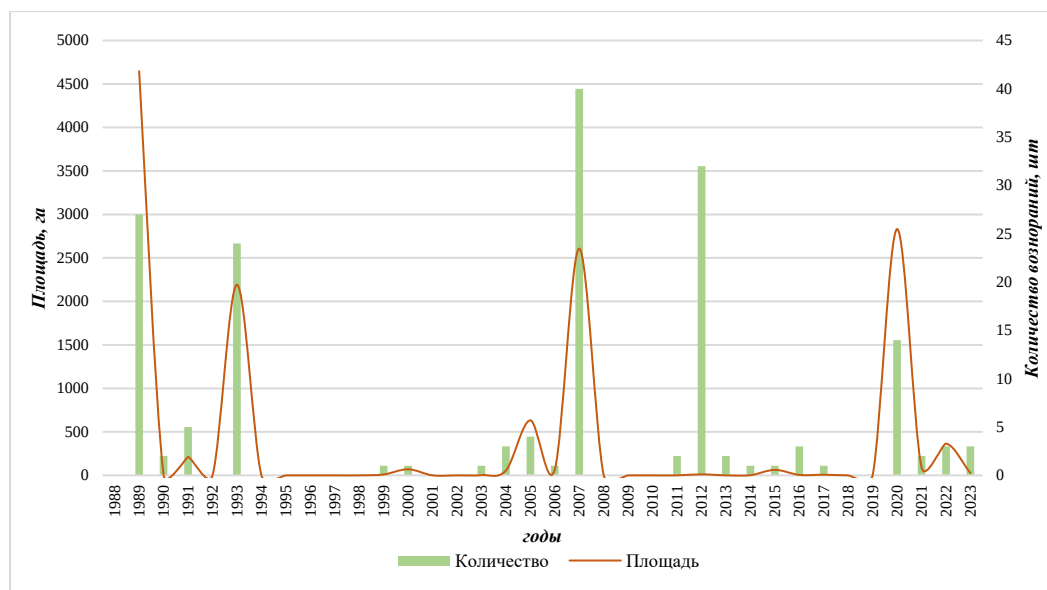


Рис. 3. Общая динамика количества и площади лесных пожаров территории заповедника «Малая Сосьва» им. В. В. Раевского в период с 1988 по 2023 гг.

Заключение. В результате проведенного анализа динамики лесных пожаров, можно сделать вывод, в периоды 1988 г., 1992 г., 1994–1998 гг., 2001–2003 г., 2008–2011 гг., 2014 г., 2016 г., 2017 г., 2018–2019 гг. больших стихийных лесных пожаров не обнаружено и заметно изменение площадей поврежденных лесных насаждений не

зафиксировано. Максимальные показатели были определены 1989 г., 1993 г., 2007 г., 2020 г.

Метеорологические (высокие температуры, малое количество осадков, сухие грозы) и лесорастительные условия и (преобладание хвойных пород и наличие лесных горючих материалов — проводников горения) играют важную роль в формировании лесных пожаров на территории Заповедника [3, 4].

Литература

1. Геологическая служба США – USGS [Электронный ресурс]. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov//>
2. Гаврилов М. И. Растительный покров Кондо-Сосьвинского Приобья и его отображение на крупномасштабной геоботанической карте: на прим. заповедника «Малая Сосьва»: диссертация ... кандидата биологических наук: 03.00.05 / АН СССР, Урал. отд-ние, Ин-т экологии растений и животных. Свердловск, 1990. 241 с.
3. Пигарёва А. Е. Влияние погодных условий на возникновение пожаров на территории заповедника «Малая Сосьва» им. В. В. Раевского // Географические исследования Сибири и сопредельных территорий: Материалы Международной географической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика Владимира Васильевича Воробьева. Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2019. С. 426–431.
4. Пигарёва А. Е. Наличие лесных горючих материалов, как фактор горимости ландшафтов территории заповедника «Малая Сосьва им. В. В. Раевского» // Сибирь и Дальний Восток России в формирующемся пространстве большой Евразии: Материалы XX юбилейной научной конференции (с Международным участием) молодых географов Сибири и Дальнего Востока: Посвящается 170-летию Иркутского областного отделения Русского географического общества. Иркутск, 2021. С. 66–71.

A. E. Pigareva

FOREST FIRES ON THE TERRITORY OF THE STATE NATURE RESERVE ‘MALAYA SOSVA’ OVER THE LAST 30 YEARS

Tyumen State University

The article presents an analysis of the actual forest fire hazard indicators in the Malaya Sosva State Nature Reserve named after V. V. Raevsky for the period from 1988 to 2023. Maximum fire hazard was observed during the study period in 1998 and 2017, when 3,2% (7,254 hectares) of the reserve's total area were destroyed by fires, and 67 fires were recorded. Some of the main factors contributing to increased fire danger include weather conditions (high temperatures, low rainfall, dry thunderstorms), forest growth conditions (dominance of conifer species and presence of flammable materials), and satellite imagery processing results to create maps of fire boundaries and areas. It was found that pine lichen forests, lingonberry-lichens, and oligo-peat bogs are most susceptible to fires.

Е. В. Потапова

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ В КОНТЕКСТЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Иркутский государственный университет

e.v.potapova.isu@mail.ru

Населённые пункты, как места обитания Человечества отличаются значительным спектром характеристик (указано 10) и могут считаться комплексом озелённых территорий различных категорий и типов (указано 4 и 33 соответственно). Предложены некоторые актуальные геоэкологические тренды современного развития населённых пунктов в вопросах: сити-логистики, генерального планирования, ревитализации, джентрификации, терраформирования, информационной системы обеспечения градостроительной деятельности и программы профилирования жизнеспособности.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_12

Населённые пункты, поселения и, в частности, город — основная форма расселения и место проживания Человечества с времён Иерихона. Они многократно видоизменялись, росли, как в ширину, так и в высоту, горели, разрушались землетрясениями, наводнениями, извержениями вулканов и войнами, но даже Иерихон стоит до сих пор. Глобализация создала агломерации, мегаполисы и даже мегарегионы [1]. Само появление супергородов является глобальной геоэкологической проблемой [4]. Современный населённый пункт, особенно город ежедневно порождает, как крупная система, состоящая из колоссального количества элементов, множество проблем разного уровня. Жизнеспособность и что важнее — безопасность такой сложной системы, обеспечивается не только существующими, сложившимися связями, но и постоянной их рационализацией. Геоэкологическое обоснование мероприятий по закреплению населения и сохранению здоровья людей в условиях различных районов проживания должно стать фундаментальным трендом для формирования комфортной среды обитания людей современной эпохи.

Каждый населённый пункт характеризуется наличием:

- 1) структуры и зонированием;
- 2) жилых районов и проездов;
- 3) некоторым набором производства или видов деятельности;
- 4) накопленными ценностями;
- 5) особенными элементами (достопримечательностями), как природного, так и антропогенного происхождения, что зачастую является причиной образования и существования поселения;
- 6) характерным окружением за границами (например, пригородами для городов [2]);
- 7) наличием административного, управленческого аппарата;
- 8) сложной системой взаимосвязи с окружающими территориями;
- 9) планами и трендами дальнейшего развития;

10) проблемами экономического, социального и экологического характера.

Каждый населённый пункт — это комплекс различных типов озеленённых территорий, каждая из которых отличается некоторыми особенностями, создающими её профиль.

Озеленённые территории подразделяются на 4 категории и 33 типа.

1. Объекты озеленения общего пользования: городские леса; парки; скверы, рощи, сады; бульвары; при административных объектах; стадионах; гольф-клубы; аллеи.

2. Объекты озеленения ограниченного пользования: озеленение территорий образовательных учреждений; учреждений здравоохранения; культовых объектов; в границах жилой многоэтажной застройки; частного сектора и садоводств.

3. Объекты озеленения специального назначения: санитарно-защитные зоны предприятий; аэропортов; речных и морских портов; тепличных хозяйств, питомников; автозаправочных станций; кладбищ; водоохранные зоны рек, ручьёв; озёр, водохранилищ, морей; при автомобильных дорогах; при железных дорогах; в границах ЛЭП; трубопроводов; ООПТ; курортов; санитарные разрывы сельскохозяйственных объектов; режимных, объектов.

4. Резервные территории: неудобья; пустыри; площадки для сбора мусора; парковки, стоянки.

Актуальные геоэкологические тренды современного развития населённых пунктов сводятся не только к обеспечению жителей соответствующими качественными показателями воздуха, воды, почвы, растительного и животного мира и других жизнеобеспечивающих ресурсов, но определяют инноватику самого пути развития, в том числе в границах каждого типа озеленённой территории.

Задачи сити-логистики, в прогностическом сценарии усовершенствования населённых пунктов, можно решить методом оптимизации структуры озеленённых территорий при определении направления и финансирования первоочередных проектов, опирающемся на диагностику состояния всего поселения [3]. Начальным этапом следует считать рационализацию имеющихся вариантов Генерального планирования населённого пункта, основанному на актуальных стратегиях современного развития, например ООН-Хабитат, для осуществления мероприятий по улучшению качества сред и структурных элементов, повышению эстетических характеристик и обеспечению безопасности и жизнеспособности поселений с учётом специальных требований, в частности — увеличение туристического потока, использование малоавтомобильными группами населения, участниками СВО. Наличие дополнительных планов, не только на случай чрезвычайных природных или антропогенных катастроф, но и на эпизоды массового поражения и гибели, например древесных и кустарниковых растений.

Ревитализацию пространств предлагается использовать в жилых кварталах, для придания особого узнаваемого облика районам, домам, некоторым объектам озеленения. Устранение вытоптаных участков, формирование индивидуальной тропинойной сети, размещение особых пород и сортов растений.

Джентрификация применима в окраинных типовых микрорайонах, для районов с преобладанием промышленных зон и объектов производственной и транспортной сферы, на участках частного сектора, путём увеличения эстетической значимости и ценности, в том числе историко-культурной.

Терраформирование предпочтительно к применению для территорий, на которых насаждения составляют менее 5 %: в основном — в пределах красных линий железных и автомобильных дорог, неудобий и пустырей.

Программа профилирования жизнеспособности разрабатывается как инновационное преобразование среды населённого пункта для обеспечения высокого уровня безопасности инфраструктуры и населения, формирования зелёных коридоров. В контексте — для сейсмоопасных районов, нужно обратить внимание на нарушение в ограждении озеленённых территорий и переуплотнении застройки.

Информационная система обеспечения градостроительной деятельности считается актуально необходимой для обобщения информации и инклюзии всех слоёв населения в оптимизацию среды поселений.

Геоэкологические проблемы современных населённых пунктов определяют их векторы развития, которые в свою очередь становятся проблемами. Следовательно, необходимо планомерно и в соответствии с целеполаганием устойчивого развития сделать поселения идеальными местами обитания Человечества.

Литература

1. Антонов Е. В., Махрова А. Г. Крупнейшие городские агломерации и формы расселения наднагломерационного уровня в России // Известия РАН. Серия географическая. 2019. № 4. С. 31–45.
2. Бляхер Л. Е., Григоричев К. В. О привратниках отечественного гуманитарного знания и периферийных локальностях (рассуждения, навеянные статьей Арджуна Аппадураи) // Периферия. Журнал исследования нестоличных пространств. 2024. № 3 (4). С. 14–21.
3. Соколова О. Е., Потапова Е. В. Задачи сити-логистики в прогностическом сценарии развития озеленённых территорий // Успехи современной науки и образования. Белгород, 2017. Т. 2, № 3. С. 114–116.
4. World Cities Report 2024 / Unhabitat. 2024. 373 p.

E. V. Potapova
GEOECOLOGICAL PROBLEMS OF SETTLEMENTS
IN THE CONTEXT OF GLOBAL CHANGES

Irkutsk State University
e.v.potapova.isu@mail.ru

Settlements, as habitats of Humanity, are distinguished by a significant range of characteristics (10 are indicated) and can be considered a complex of green areas of various categories and types (4 and 33 are indicated, respectively). Some current geoecological trends in the modern development of human settlements are proposed in the following areas: city logistics, master planning, revitalization, gentrification, terraforming, information system for supporting urban planning activities and city resilience profiling programs.

И. В. Тарасевич¹, И. С. Данилович^{1, 2}

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК

ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ

¹Белорусский государственный университет

²Институт природопользования НАН Беларуси

ira5582831@yandex.ru

Представлены данные и информация о потерях, вызванных опасными гидрологическими явлениями (ОГЯ) на территории Беларуси за последние десять лет. Проведенный анализ показал, что наиболее распространенными ОГЯ являются периоды, связанные с низким уровнем воды, которые приводят к проблемам с судоходством, водоснабжением городов и других объектов водного хозяйства.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_13

Введение. В условиях глобального изменения климата увеличивается частота опасных и неблагоприятных гидрологических явлений. Для Беларуси к таким явлениям относятся:

1. Высокие уровни воды, вызванные половодьем или дождевыми паводками, а также заторами/зажорами, приводящими к значительному подъему воды в реках.
2. Низкие уровни воды, опускающиеся ниже навигационных отметок.
3. Ранний ледостав и появление ледяного покрова на судоходных реках и водоемах.

На территории страны наиболее часто встречаются явления, связанные с высокими и низкими уровнями воды. Высокие уровни воды — значения уровней в реках, при которых происходит затопление населенных пунктов, посевов сельскохозяйственных культур, автомобильных и железных дорог или повреждение крупных промышленных и транспортных объектов. Под низкими уровнями воды понимаются значения уровней воды в реках ниже отметок, при которых нарушается судоходство, водоснабжение городов и водохозяйственных объектов.

Материалы и методы исследований. В работе использованы данные Государственного водного кадастра Республики Беларусь, который находится в ведении Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [1]. Данные о количестве и видах опасных гидрологических явлений взяты из открытых источников Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь [3] и экологических бюллетеней [4] за период с 2014 по 2023 годы.

Результаты и их обсуждение. За последние 10 лет (2014–2023) на реках страны ежегодно отмечались опасные гидрологические явления: высокие уровни воды наблюдались в половине из рассмотренных лет годах, низкие — ежегодно. На рисунке 1 представлено распределение количества опасных гидрологических явлений за рассматриваемый период.

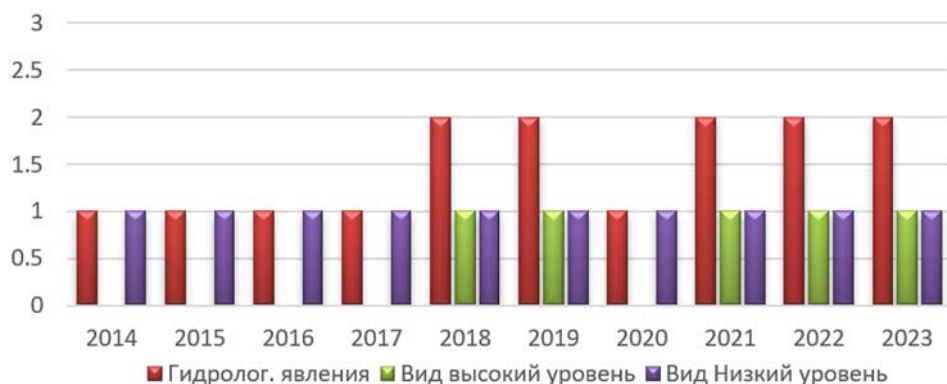


Рис. 1. Динамика опасных гидрологических явлений на реках Беларуси, шт.

В последние десятилетия на территории страны отмечается снижение повторяемости высоких уровней воды на реках. Это связано с преобладанием оттепельной погоды зимой, когда накапливаются снеготопы на водосборах. С 1970-х годов наблюдается постепенное снижение максимальных запасов воды в снеге перед началом весеннего половодья, что приводит к невыраженным весенним половодьям. Однако в последнее десятилетие снеготопы на водосборах в отдельные годы были близки к средним многолетним значениям. В таблице 1 представлены сведения об опасных явлениях, связанных с резким повышением уровня воды и затоплением прилегающей территории.

Согласно таблице 1, формирование высоких уровней, связанных с накоплением снеготопов, за рассматриваемый период наблюдалось дважды, связанных с наложением дождевых паводков на половодье — дважды, и связанных с сильными осадками и дождевым паводком — в одном году из пяти лет с высокими уровнями. Паводье на реках формируется за счет поступления талой воды, и годовые максимумы уровней чаще всего наблюдаются в период половодья. Несмотря на продолжающееся потепление климата, сохраняется вероятность формирования значительных снеготопов. В отдельные годы это усугубляется выпадением осадков в период весеннего половодья, что усиливает роль жидких осадков в формировании уровней воды.

За рассматриваемый период низкие уровни воды, как опасное гидрологическое явление, наблюдались каждый год. На фоне потепления климата годовые суммы осадков мало изменились, но отмечается их внутригодовое перераспределение. В летний период снижается продолжительность осадков и растут их суточные максимумы, что свидетельствует о нарастании экстремальности климата и усилении засушливости [2]. В таблице 2 представлены сведения о формировании очень низких уровней воды или гидрологических засухах.

Низкие уровни воды обычно формируются к концу летнего сезона (август — сентябрь), постепенно снижаясь после весеннего половодья. Осенью водность рек повышается за счет возрастания циклогенеза и выпадения стокоформирующих осадков.

Таблица 1
Высокие уровни воды

Год	Река	Превышение опасных отметок, см	Ущерб
2018	Неман, Друть, Проня, Случь	9–83	Затопления участков грунтовых дорог, низководных автомобильных мостов, подворий и хозяйстроек в отдельных районах Витебской и Минской областей, большинстве районов Могилевской и Гомельской областей.
2019	Реки басс. Западного Буга и Припяти	8–10	В результате дождевого паводка в мае произошел выход воды на пойму, подтопление прилегающей территории. Максимум дождевого паводка на реке Горынь превысил максимум весеннего половодья.
2021	Припять, Проня	4–6	Затопления низководных автомобильных мостов, участков грунтовых дорог, подворий и хозяйственных построек в отдельных районах Витебской, Могилевской и Гомельской областях.
2022	Сож, Проня, Ипуть, Неман	4–77	Дождевой паводок наложился на формирование максимумов весеннего половодья. Затопления жилых домов, подворий, хозяйственных построек, участков автодорог, низкоуровневных мостов в Гомельской, Минской, Могилевской и Гродненской областях.
2023	Западная Двина, Днепр, Цна, Друть, Березина, Сож, Проня, Припять, Птичь, Случь, Уборть	10–198	Дождевой паводок наложился на формирование максимумов весеннего половодья. От разлива рек наблюдались затопления жилых домов, подворий, хозяйственных построек, участков автодорог, низкоуровневных мостов в Брестской, Витебской, Минской, Могилевской и Гомельской областях.

Тенденции последних лет заключаются в снижении высоты весеннего половодья и низкой водности рек уже в начале летнего периода. В дополнение отмечается увеличение засушливых условий из-за недобора осадков летом, что приводит к более частому формированию очень низких уровней и затруднениям в водопользовании.

Заключение. Обзор опасных гидрологических явлений за последнее десятилетие показывает, что наиболее частое явление связано с низко стоящими уровнями воды и понижением водности. Представлены количественные показатели опасных гидрологических явлений. Понижение уровней воды ниже проектных отметок на внутренних водных путях негативно влияет на судоходство, снижая его эффективность. Что говорит о необходимости комплексной оценки влияния опасных гидрологических явлений на погодозависимые отрасли экономики, особенно сельское хозяйство и водный транспорт, для минимизации ущерба.

Таблица 2
Низкие уровни воды

Год	Река	Превышение опасных отметок, см	Ущерб
2014	Западная Двина, Неман, Днепр, Припять	11–123	Сложившаяся гидрологическая обстановка на реках способствовала ухудшению экологического состояния рек и условий навигации по рекам.
2015	Большинство рек страны	19–147	Пересыхание озера Червоного, ухудшение экологического состояния, затруднения водопользования. На 22 гидрологических постах из 64 уровни воды опустились ниже исторических минимумов.
2016	Западный Буг, Березина, Сож и Припять	19–129	Снижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней на реках оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.
2017	Бассейн р. Сож	22–72	Понижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней на внутренних водных путях оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.
2018	Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож	15–87	Водность Западной Двины и Припяти — на 40–50% меньше обычного. Понижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней на внутренних водных путях оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.
2019	Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож	28–95	Осенью водность Западного Буга и Припяти оказалась значительно (на 50%) меньше обычной для этого времени года. Понижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.
2020	Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож	27–106	В конце лета в басс. Западной Двины, Немана, Вилии, Западного Буга и Припяти водность была в два раза меньше обычной для этого времени года. Понижение уровня воды ниже проектных отметок навигационного уровня оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.
2021	Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож	25–95	В конце лета меньше нормы на 30–40% оказалась водность Днепра, Березины и Сожа, а на 50–60% водность Западной Двины, Западного Буга и Припяти. Понижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней на внутренних водных путях оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.
2022	Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож, Припять	6–92	В конце лета водность Западной Двины и Припяти была в два раза меньше обычной для этого времени года. Понижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней на внутренних водных путях оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.
2023	Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож	17–86	Понижение уровней воды ниже проектных отметок навигационных уровней на внутренних водных путях оказало негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность.

Литература

1. Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Минприроды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <https://rad.org.by/articles/voda/> (дата доступа: 01.09.2024).

2. Данилович И. С., Пискунович Н. Г. Экстремальные проявления в режиме увлажнения на территории Беларуси в условиях трансформации климата // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2021. 2. С. 32–44. DOI 10.33581/2521-6740-2021-2-32-44

3. Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <https://mchs.gov.by/> (дата доступа: 01.09.2024).

4. Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <https://www.minpriroda.gov.by/ru/bulleten-ru/> (дата доступа: 01.09.2024).

I. V. Tarasevich¹, I. S. Danilovich^{1,2}

**ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF HAZARDOUS
HYDROLOGICAL PHENOMENA OF THE RIVERS OF BELARUS**

¹Belarusian State University

²Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
ira5582831@yandex.ru

The article presents data and information on losses caused by hazardous hydrological phenomena in Belarus over the past ten years. The analysis showed that the most common hazardous hydrological phenomena is periods associated with low water levels, which lead to problems with shipping, water supply to cities and other water management facilities.

А. О. Ховалыг¹, И. И. Волкова², А. М. Кара-Сал¹
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЛАНДШАФТОВ ТУВЫ
В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

¹ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет»

²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»
aldyn@mail.ru

В работе представлены результаты исследования функционирования ландшафтов Тувы в условиях меняющегося климата. На примере урочища Адыр-Хем (Западные Саяны), с использованием опции «исторические снимки» платформы Google Earth Pro, были проанализированы процессы динамики верхней и нижней границы леса, обусловленные региональными проявлениями глобальных изменений климата. В результате отмечено, что скорость подъема границы леса на высоту имеет довольно динамичный характер по сравнению с текущей скоростью на других территориях Северного полушария и значения составляют более 30 м за изученный отрезок времени. Вместе с тем процессы сдвига нижней границы леса урочища Адыр-Хем не демонстрируют заметной динамики.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_14

Глобальной научной проблемой, которая в настоящее время привлекает внимание мирового научного сообщества, является изменение климата. В последние годы угрозы, связанные с возможными последствиями для ландшафтов в результате изменений климата, растут. Большинство из них связаны со сдвигами ареалов различных видов растений и животных, с угрозами для биоразнообразия и с неблагоприятными последствиями для структуры и состава сообществ. Многие из них особо ценны как в глобальном, так и в региональном масштабе.

Тыва имеет огромное значение для сохранения биологического разнообразия и уязвимых геосистем. Она характеризуется уникальным набором разнообразных ландшафтов на небольшой территории: от гляциально-нивалых высокогорных поясов до таежных лесов предгорий, выровненных котловин с разнотравными степями до сухих полупустынь. Такие ландшафтные контрасты, предоставляют возможность организовать региональный мониторинг самых разнообразных процессов: гляциологических, гидрологических, геоботанических, почвенных и др., а также выявить степень антропогенного влияния на природные компоненты [2].

Реакция ландшафтов на климатические изменения проявляется в изменении процессов трансформации вещества и энергии, что влечет за собой изменение их функционирования. В итоге данные условия приводят к формированию различных сценариев их развития — от усложнения до упрощения структуры. Соответственно, оценка и сопоставление процессов функционирования с климатическими изменениями позволяет выявлять тенденции в динамике ландшафтов в изменяющихся условиях среды.

Следовательно, выявление, понимание и прогнозирование климатически и антропогенно обусловленных изменений уязвимых ландшафтов Тувы важно для предсказания того, как изменения климата влияют на уязвимые аридные экосистемы Центральной Азии. Подобные проблемы регионального уровня решаются в том числе путем исследования ландшафтной структуры территорий, которая отражает пространственно-временную организацию геосистем, их взаимное расположение и способы соединения, а также является сложным интегральным показателем, характеризующим их системную организацию [3].

На примере урочища Адыр-Хем (Западный Саян, Республика Тува) было проведено исследование сдвига климатически обусловленной границы леса в горах на основе данных полевых исследований, дистанционного зондирования и фотоархивных данных. Урочище представляет собой репрезентативный полигон для изучения динамики горных экосистем в условиях меняющегося климата. Фитосистемы являются удобным и объектом для фиксации этих изменений.

Отличительной чертой географического подхода к изучению природных явлений является их анализ их взаимовлияния и взаимообусловленности с природной средой, определяющих их развитие в пространстве и времени. Географический подход к изучению пространственной организации живых систем в системе широтной зональности и высотной поясности создает основу для биогеографического подхода в изучении биосферы. При этом растительность выступает наиболее удобным индикатором всего биотического сообщества [1]. Фитоценозы являются не только компонентами наземных экосистем — фитосистемами, выполняющим роль их энергетического каркаса, но и представляют собой основу для дифференциации экосистем в ландшафте. В свою очередь, закономерности дифференциации экосистем в наибольшей степени выявляются в рамках так называемой бассейновой концепции, основоположником которой является английский исследователь Р. Хортон [4]. Водосборный бассейн — это динамическая природная экосистема, имеющая естественные природные границы, включающая в себя совокупность биотических и абиотических факторов, определяющих ее относительную замкнутость и влияющих на процессы ее развития [5]. Взаимосвязь фитосистем в пределах бассейна обусловлена переносом влаги и элементов минерального питания в системе катены, общностью исторического развития, флористическими связями, подстилающими горными породами и специфической климатической обстановки. Взаимосвязь растительности и абиотических факторов среды в наибольшей степени выражена в высокогорных бассейнах, где основополагающим фактором в распределении фитосистем служит высотная поясность, связанная с изменением температур с ростом абсолютной высоты.

Исследуемый ключевой участок располагается в верховьях бассейна реки Адыр-Хем и представляет собой территорию, ограниченную горными хребтами высотой более 2000 м над ур. м. Здесь представлены фитосистемы различного ранга и разных типов: высокогорные, горно-лесные, водно-болотные, степные.

Лесной пояс урочища Адыр-Хем является интересным объектом для современного изучения динамических процессов в экосистемах. Одним из важных показате-

лей динамических процессов в горах является динамика верхней границы леса, как реакция на современные климатические изменения. Кроме того, в урочище Адыр-Хем проявляется процесс формирования классической «обращенной поясности», связанной с температурными инверсиями. Поэтому в долине есть участки, где достаточно хорошо выражена нижняя относительно сомкнутая граница леса (рис. 1).



Рис. 1. Верхняя и нижняя граница леса на склоне западной экспозиции, образующего левый борт долины Адыр-Хем

С использованием опции «исторические снимки» платформы Google Earth Pro были проанализированы участки верхней и нижней границы лесного пояса на склоне горы, образующей левый борт долины Адыр-Хем. Для этого использованы изображения в одном ракурсе и одного масштаба 2014 и 2022 годов, на которых осуществлялся поиск повторяющихся сходных деталей и новых. Зона с появлением новых объектов рассматривался как район продвижения деревьев за шестилетний отрезок между фиксацией изображения в программе. Участки с повторяющимися деталями на обоих снимках отмечались желтыми овалами и кругами. Новые детали, не выявленные на снимке 2014 года, на снимке 2022 года отмечались красными кругами и овалами. Зеленая линия между участками соответствует верхней границе распространения отдельных деревьев в 2014 году и зоной их более позднего распространения. Сравнительный анализ изображений проводился на участках, где залегал снеговой покров, на фоне которого хорошо видны деревья.

Сравнение изображений показывает (рис. 2), что граница распространения отдельных деревьев (timberline) в 2014 году проходила на высоте примерно 2143 м над уровнем моря. Современный предел распространения деревьев (точка 1) находится

высоте примерно 2081 м над. ур. м. (координаты N 51°41'06,98" E 089°56'52,11" Таким образом, за 8 лет абсолютная высота распространения отдельно стоящих деревьев увеличилась примерно на 38 метров.

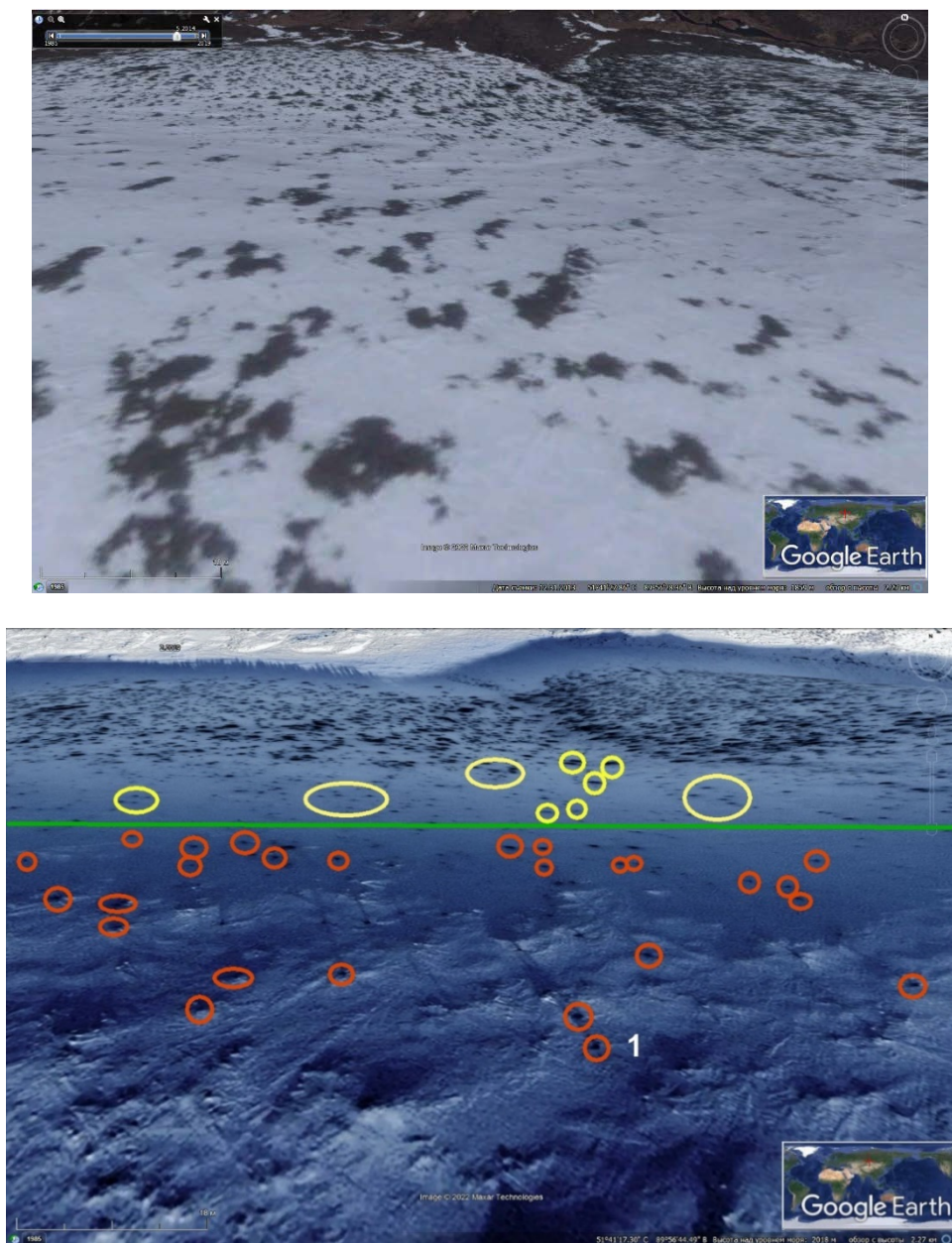


Рис. 2. Результаты сравнения изображений верхней границы леса в урочище Адыр-Хем 2014 (сверху) и 2022 (снизу) годов (Google Earth Pro). 1 — самое высокорасположенное дерево

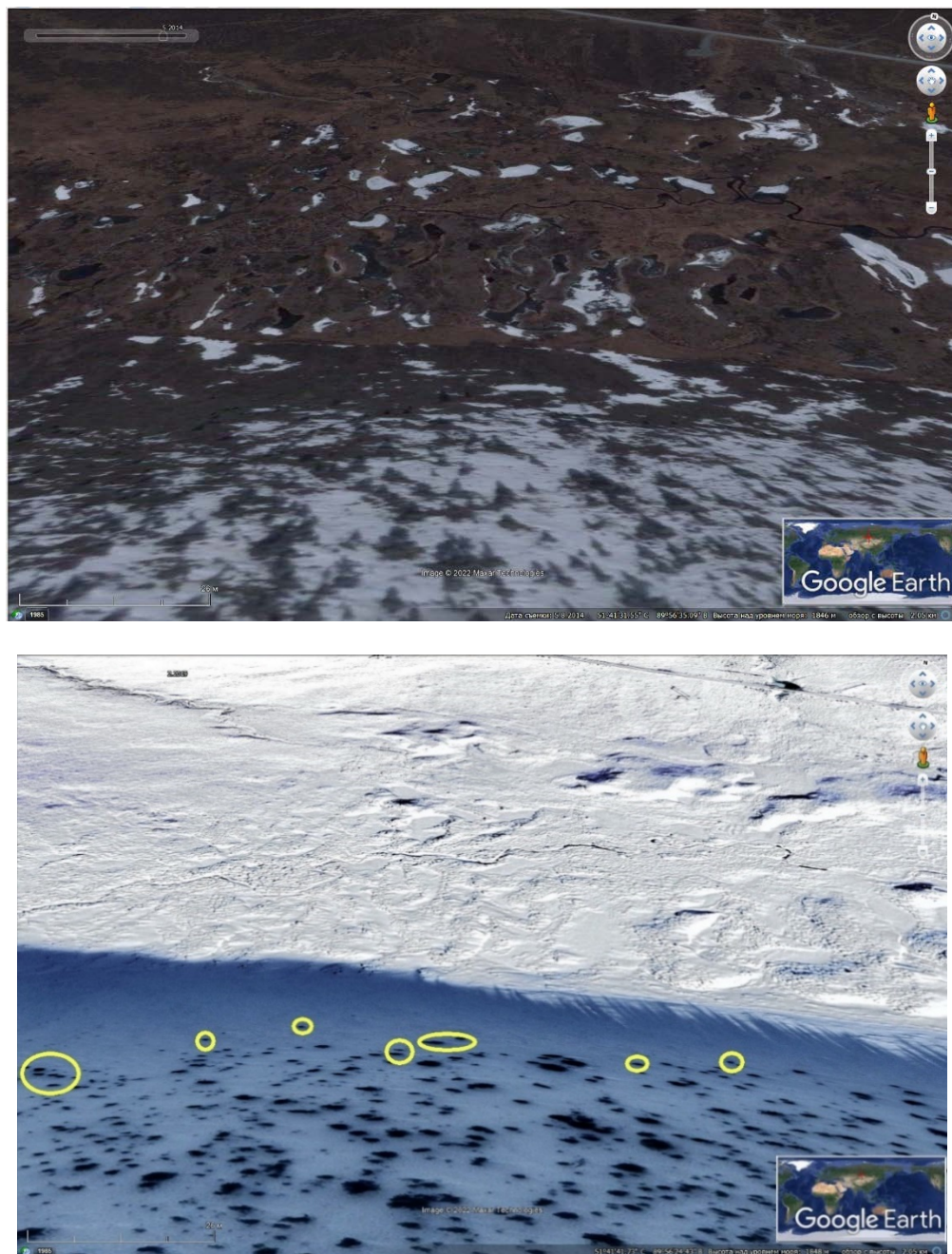


Рис. 3. Результаты сравнения изображений нижней границы леса в урочище Адыр-Хем 2014 (сверху) и 2022 (снизу) годов (Google Earth Pro)

Анализ изображений Google Earth Pro 2014 и 2022 годов в районе нижней границе леса в долине Адыр-Хем показаны на рисунке 3. На нижнем рисунке желтым цветом отмечены повторяющиеся детали, которые присутствуют так же на изображении 2014 года. Новых деталей, которые отсутствуют на изображении 2016 года на данном участке не выявлено. Это позволяет предполагать, что за последний восьмилетний период распространение деревьев в долину Адыр-Хема не отмечается. В точке с координатами N 51°41'26,49" E 89°56'33,29" нижняя граница леса в долине Адыр-Хем находится на высоте 1895 м над ур. м.

Таким образом, в урочище Адыр-Хем верхняя граница леса, обусловленная макроклиматом горной системы, показывает значительную динамику, проявляющуюся в распространении деревьев в безлесные пространства высокогорий. Скорость подъема границы леса на высоту составила около 38 м за 8 лет, что на много больше чем, текущая скорость подъема деревьев в Субарктике — 50 м за 40–50 лет [7] и европейских Альпах, где с 2000 по 2008 годы граница леса поднялась на 10 м [6]. Скорость подъема линии распространения отдельных деревьев в урочище Адыр-Хем примерно соответствует подъему линии леса за последние 52 года в долине Актру (Юго-Восточный Алтай) на высоту примерно 150 м. Некоторое увеличение скорости подъема верхней границы леса за последний период, вероятно, является причиной ускорения данного процесса под влиянием прогрессирующего потепления [8].

На фоне этого процесса нижняя граница леса не демонстрирует заметной динамики в урочище Адыр-Хем. Вероятно, влияние температурной инверсии является абсолютным фактором, определяющим положение нижней границы распространения деревьев. Не исключено, что происходит постепенное усиление температурной инверсии, нивелирующей потепление климата.

В результате исследований изучено функционирование ландшафтов Тувы в условиях региональных проявлений изменения климата. Рассчитана скорость подъема границы леса на высоту, которая показала довольно динамичный характер по сравнению с текущей скоростью на других территориях Северного полушария и значения составляют более 30 м за изученный отрезок времени. Вместе с тем, процессы сдвига нижней границы леса урочище Адыр-Хем не демонстрируют заметной динамики. Таким образом, вопросы функционирования ландшафтов в условиях изменения климата требуют дополнительных мониторинговых многолетних наблюдений и представляют интерес для изучения направленности и скорости динамики мерзлотных болотных комплексов в долине Адыр-Хем.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 23-14-20015).

Литература

1. Второв П. П., Дроздов Н. Н. Биогеография : Учебник для вузов. Москва : Владос-Пресс, 2001. 302 с.

2. Квасникова З. Н., Ховалыг А. О. Ландшафтно-экологические исследования в Республике Тыва // Материалы XIV Международной ландшафтной конференции. В 2-х томах. Том 2 / отв. редакторы А. С. Горбунов, А. В. Хорошев, О. П. Быковская. Воронеж, 2023. С. 237–240.

3. Кирпотин С. Н., Квасникова З. Н., Перегон А. М., Ховалыг А. О., Потапова С. А., Логинова М. А., Венивитина С. А., Кара-Сал А. М. Ландшафтно-экологический мониторинг репрезентативных ключевых участков Республики Тыва // Развитие ТувГУ в XXI веке: интеграция образования, науки и бизнеса : сб. мат. межд. научно-практ. конф., посвященной 25-летию ТувГУ (30 октября 2020 г.).

4. Хортон Р. Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов [Текст] : Гидрофиз. подход к количеств. морфологии / пер. с англ. Д. Л. Арманда и В. А. Троицкого ; под ред. чл.-кор. АН СССР М. А. Великанова. М. : изд. и тип. Гос. изд-ва иностр. лит., 1948. 159 с. : ил. ; 20 см.

5. Шереметова С. А., Шереметов Р. Т. Бассейн реки Томь (флористические и физико-географические особенности). Новосибирск, 2020. 323 с.

6. Leonelli G., Pelfini M., D'Arrigo R., Haeberli W., Cherubini P. Non-stationary responses of tree-ring chronologies and glacier mass balance to climate in the European Alps // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. 2011. 43(1). P. 56–65.

7. Rees W. G., Hofgaard A., Boudreau S., Cairns D. M., Harper K., Mamet S., Mathisen I., Swirad Z., Tutubalina O. // Global Change Biology. 2020. Vol. 26. P. 3965–3977.

8. Volkova I. I., Callaghan T. V., Volkov I. V., Chernova N. A., Volkova A. I. South-Siberian mountain mires: perspectives on a potentially vulnerable remote source of biodiversity // Ambio. 2021. Vol. 50, № 11. P. 1975–1990.

A. O. Khovalyg¹, I. I. Volkova², A. M. Kara-Sal¹

FUNCTIONING OF TUVA'S LANDSCAPES IN A CHANGING CLIMATE

¹Tuva State University

²National Research Tomsk State University

aldyn@mail.ru

The paper presents the results of a study on the functioning of the Tuva landscape in a changing climate. Using the 'historical imagery' option of Google Earth Pro, the dynamics of upper and lower forest boundaries in the Adyr-Khem region were analyzed, caused by regional manifestations of global climate change. It was noted that the rate of forest boundary rise to a height is rather dynamic compared to current rates in other regions of the Northern Hemisphere, and values are more than 30 meters over the study period. At the same time, there is no significant dynamics in the processes of shifting lower forest borders in the Adir-Khem tract.

Ю. Р. Иванова¹, Н. В. Скок², О. В. Янцер²

**ДИНАМИКА СРОКОВ НАСТУПЛЕНИЯ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ
ЯВЛЕНИЙ В ЛАНДШАФТНЫХ ПРОВИНЦИЯХ
СЕВЕРНОГО И СРЕДНЕГО УРАЛА
КАК ОТКЛИК НА СОВРЕМЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ**

¹Уральский федеральный университет

им. первого Президента России Б. Н. Ельцина

²Уральский государственный педагогический университет

iu.r.ivanova@urfu.ru

Статья посвящена изучению границ фенологических сезонов в ландшафтных провинциях Северного и Среднего Урала как реакции на современные климатические изменения. Цель исследования — определить закономерности и тенденции изменений границ фенологических сезонов в условиях различных типов ландшафтов. Основой анализа стали данные многолетних фенологических наблюдений, собранных классическим методом. Исследование охватывает 7 ландшафтных провинций в пределах таежной зоны Урала, подчеркивая пространственную и временную изменчивость наступления весны, лета, осени и зимы. Результаты исследования выявили закономерные сдвиги в датах начала фенологических сезонов, такие как более раннее наступление весны и осени, а также сокращение продолжительности зимы. Полученные данные подчеркивают важность продолжения исследований для выявления влияния климатических изменений на природные процессы, что имеет практическую значимость в прогнозировании и адаптации к современным изменениям климата.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_15

Современная ландшафтная структура территории, представленная сложным сочетанием геосистем разного генетического типа и иерархического уровня, формируется в процессе смены состояний в ходе динамического и эволюционного развития. Мозаичность структуры обусловлена неоднородностью географического контекста, выраженного различными состояниями, принадлежащими к одной или нескольким траекториям развития. С позиций ландшафтно-динамического подхода состояние геосистемы рассматривается как пространственно-временная однородность, выделяемая по критериям сохранения состава и соотношения системообразующих элементов и ведущих процессов. Основными единицами, отвечающими задаче анализа тенденций сезонной динамики природных комплексов для установления климатических изменений, являются региональные единицы ландшафтного ряда — ландшафтная область и ландшафтная провинция. Обследованная территория Северного и Среднего Урала расположена в пределах двух ландшафтных областей Новоземельско-Уральской равнинно-горной страны: таежной умеренно-континентальной и таежной континентальной. Таежная зона Урала характеризуется наибольшим ландшафтным разнообразием, обусловленным значительной протяженностью территории с севера на юг, меридиональным направлением геологических структур и форм

рельефа в пределах Северного и Среднего Урала. В таежной умеренно-континентальной ландшафтной области Урала обособляются 4 провинции: Щугоро-Вишерская западных предгорий Северного Урала, Среднегорная Щугоро-Усьвинская Северного Урала, Косью-Юрюзанская западных предгорий Среднего Урала, Низкогорная провинция Среднего Урала. Таежная континентальная область Урала включает 3 ландшафтные провинции: Ятрия-Лобвинскую восточных предгорий Северного Урала, Исетско-Лялинскую восточных предгорий Среднего Урала и Тагило-Пышминскую Зауральского пенеплена.

Для описания сезонной ритмики применяются такие динамические параметры как скорость, траектория, фазовые сдвиги и синхронность явлений. Наибольшую ценность представляют длинные ряды наблюдений, сопоставимые с характерным временем развития геосистем. Подобные ряды фенологических наблюдений накоплены при помощи классического метода — по классификации В. А. Батманова первичного метода группы регистраторов срока.

До настоящего времени основой получения данных для изучения сезонной динамики служит Фенологическая сеть Русского географического общества (РГО), объединяющая корреспондентов-наблюдателей из числа инициативных исследователей и любителей природы на территории России и в странах СНГ. По результатам этих наблюдений максимально представлена пунктами и феноданными таежная ландшафтная область Исетско-Северо-Сосьвинской провинции восточных предгорий Урала, где наблюдения проводились в 217 пунктах, а за весь период их было зафиксировано 919. На втором месте — низкогорная провинция Среднего Урала, где было проведено 625 наблюдений в 184 пунктах.

Для изучаемой территории свойственна четырехсезонная структура годового круга природы: весна, лето, осень и зима. Каждый сезон проявляется в виде закономерно чередующихся явлений природы, которые имеют свои календарные сроки наступления и свойственные им сезонные аспекты, наборы которых определяются структурой ландшафтов [7]. Естественные сезоны, в отличие от сезонов астрономического и гражданского календарей, наступают в разных географических районах не одновременно и, как правило, протекают в них с разной скоростью. Изменчивы также и календарные сроки наступления фенологических сезонов в одной и той же географической точке, но в разные по погодным условиям годы.

Практическое значение выделения и характеристик границ естественных сезонов состоит в том, что организация хозяйственной и рекреационной деятельности проводится не по гражданскому, а по фенологическому календарю. В России впервые один из вариантов их выделения был предложен Д. Н. Кайгородовым [2]. Вопросы естественной периодизации разрабатывались В. А. Батмановым (1952), Н. Н. Галаховым (1948), Т. И. Буториной (1979), Г. Э. Шульцем (1981), Е. Ю. Терентьевой (2000), В. Г. Рудским (2002), О. В. Янцер (2005; 2016) и многими другими исследователями [7].

В основе любой естественной периодизации года лежат климатический и фенологический критерии. Разные исследователи неоднозначно решают вопрос о приоритете климатического или фенологического критериев. В умеренном поясе ведущую

роль в сезонных изменениях природы занимает смена радиационного баланса и зависящего от него термического режима [7]. Температура воздуха — важнейший элемент климата, хорошо отражающий воздействие всех элементов климатообразования, характеризующийся ярко выраженной сезонной изменчивостью. В едином ходе температур их постепенное количественное изменение на определенных этапах неизбежно приводит к качественным изменениям, скачкам в сезонном развитии природы. Эти переломы и есть объективные границы фенологических этапов.

Чаще границы естественных сезонов и их подразделений определяются по индикационным сезонным явлениям — феноиндикаторам — ярким, хорошо заметным явлениям, которые ежегодно своим появлением свидетельствуют о наступлении определенного этапа в годичном цикле природы. Индикаторами границ могут быть явления из разных компонентов ландшафта: в холодные сезоны — метеорологические и гидрологические, а в теплые — процессы жизнедеятельности растительности и животного мира. Индикаторная сущность этих явлений сохраняется практически во всех географических зонах умеренного пояса.

Изменение в течение года климатического компонента ландшафта влечет за собой изменения гидрологического и почвенного, а затем фито- и зоофенологического компонентов. Следовательно, сезонные изменения в живой природе — ответная реакция на изменения всего комплекса компонентов неживой природы. Они не только свидетельствуют об изменении других компонентов ландшафта, но как наиболее ярко выраженные, могут считаться «индикаторами» сезонных изменений в природе. Между климатическими и фенологическими явлениями существует коррелятивная связь: весной максимальная — коэффициент корреляции по данным Т. И. Буториной — 0,80–0,90. Летом она ослабевает, осенью вновь усиливается до 0,70–0,80 [6; 5]. Наиболее тесными являются связи температур с фитофенологическими явлениями. При этом погодичная изменчивость температур значительнее, чем изменчивость фитофенологических явлений [5]. При неустойчивых погодных условиях, когда температуры могут вернуться к пройденным рубежам, фенологический процесс может быть замедлен, но уже необратим. Поэтому температурные показатели начала тех или иных сезонных явлений имеют значение в среднем многолетнем выводе. В отдельные же годы термическое начало этапов сезонного развития природы может по срокам сильно расходиться с фенологическим, в связи с чем фитофенологические явления являются более надежным «индикатором» сезонных рубежей [2].

Фенологическая изученность территории Урала весьма мала. Регион является промышленно освоенным, влияние антропогенного фактора сказывается на ходе естественных процессов, поэтому необходимо выявлять границы сезонов и их динамику в неизмененных ландшафтах. Одна из задач работы заповедников — составление календаря природы, выделение границ сезонов и их характеристика. Для территорий, где расположены заповедники, с большой долей вероятности можно найти точную и подробную информацию о течении сезонных процессов в естественных ландшафтах.

Рубежи сезонов в предгорьях и нижних частях склонов горно-таежного пояса среднегорий и низкогорий выделяются на общем зональном фоне. За условную границу начала весны мы принимаем устойчивый переход дневных температур через 0°C. В условиях тайги он соответствует началу снеготаяния. Весной амплитуда наступления феноявлений между ландшафтными провинциями максимальна. При этом фенологические различия увеличиваются от начала весны к лету, а от начала осени к ее концу они уменьшаются [7].

Первая половина весны еще находится под значительным влиянием зимнего сезона и его последствий: возвраты холодов, снежный покров, мерзлота почвы. Ее вторая половина характеризуется увеличением солнечной радиации, быстрым прогреванием почвы и приземного слоя воздуха, а также началом вегетации растительности. Фенологические изменения в органической природе весной проходят бурно и в сжатые сроки. Все это обусловило хорошую изученность весеннего комплекса явлений, что подробно изложено в литературе. Скорость продвижения весенних феноявлений максимальна, однако, на разных широтах, долготах и абсолютных высотах в различных горных системах фенологические градиенты имеют неодинаковые значения [1].

Лето характеризуется стагнацией температурного режима. Это сезон летних аспектов природы, соответствующий максимально возможной в данных пределах жизнедеятельности биологического компонента. Фенологическими индикаторами наступления летнего сезона служит цветение шиповника, отцветание сирени лиловой, колошения озимой ржи, а для южной тайги — заметное цветение дикорастущей рябины.

Осень — сезон разрушения летнего состояния ландшафта и перехода его к зиме. Начало осени по температурным условиям определить сложно. Нередко в конце августа — начале сентября по-летнему жарко, сухо, но почти у всех растений имеются признаки перехода к зиме. За фенологический индикатор начала осени традиционно мы принимаем начало пожелтения листвы берез. Этот феноиндикатор, по классификации Г. Э. Шульца, относится к зональной группе и считается достаточно точным. Но само выражение «начало пожелтения листвы берез» не конкретно и трактуется авторами несколько различно. Так Г. Э. Шульц принимает за границу осени начало массового пожелтения листвы берез и лип, когда у 50% деревьев имеются явные признаки окрашивания [6]. Индикатор осени по В. А. Батманову появление первых желтых листьев на многих березах [7]. Т. И. Буторина предполагает, что началу осени, возможно, соответствует появление первых желтых прядей, однако нет пояснения, у какого количества деревьев. Ряд авторов — В. Б. Шамраевский (1941), М. А. Шабанов (1960), И. Н. Елагин (1980; 1994), никак не конкретизируют этот термин [3; 4]. По данным наблюдений, для изучаемой территории началу осенних процессов соответствует появление первых желтых прядей или разбросанных желтых листьев у 5% берез. Фенологическое начало сезона совпадает с переходом среднесуточных температур воздуха ниже +10°C.

Наступление зимнего сезона характеризуется снижением среднесуточных и максимальных температур воздуха ниже 0°C, установлением постоянного снежного покрова, ледоставом на небольших водоемах. К концу зимы — началу весны днем наблюдаются оттепели; снежный покров начинает оседать и утончаться.

Изучение хода метеорологических показателей и сезонных изменений индикаторных видов растений позволили выделить границы сезонов года и тенденции их сдвигов в исследуемых провинциях Северного и Среднего Урала. Систематические фенологические наблюдения в горных условиях хотя и проводились, но большая часть метеостанций расположена в межгорных понижениях и нижних частях склонов гор и не характеризует полностью условия низкогорного и среднегорного рельефа.

В результате наблюдений, проведенных во второй половине XX — начале XXI вв., получены данные о границах фенологических сезонов (табл. 1), анализ которых подтверждает закономерности, выявленные В. А. Батмановым. Отличается более позднее наступление явлений в провинциях Северного Урала; в предгорьях на 7 суток, в горной полосе — на 8. Хорошо заметна разница между границами сезонов в провинциях предгорий и горной полосы. На Северном Урале она составляет в среднем 5 суток с западными предгорьями и 6 с восточными; на Среднем Урале 5 и 10 суток соответственно. Это связано с более высокими температурами восточных предгорий по сравнению с западными и горной полосой и меньшим годовым количеством осадков и высотой снежного покрова.

Продолжительность сезонов в провинциях предгорий и горной полосы также варьирует. Лучше эта разница проявляется весной и летом, так как наступление сезонов связано в основном с термическим фактором. Весной сезон короче в горной полосе на 4 суток; летний — на 9 суток на Северном Урале и на 3–6 суток на Среднем.

За счет увеличения зимнего сезона в горах осень там сокращается по сравнению с предгорьями на 3 суток на Северном Урале и на 13 на Среднем. Максимальная разница в продолжительности сезонов проявляется в зимний период. В Среднегорной Щугоро-Усьвинской провинции зима длиннее по сравнению со Щугоро-Вишерской провинцией западных предгорий на 12 суток, а с Ятрия-Лобвинской провинцией восточных предгорий на 16 суток. На Среднем Урале эта разница еще значительнее и составляет 20 суток с Косьво-Юрюзанской провинцией западных предгорий и 21 сутки с Исетско-Лялинской провинцией восточных предгорий.

В дополнение к пространственному анализу границ наступления сезонов для изучения многолетних фенологических рядов был применен линейный тренд-анализ. Исследовался коэффициент наклона линии тренда, отражающий среднюю скорость изменений даты наступления границы того или иного сезона за определенный период времени. Начало весны характеризуется отрицательными фенологическими трендами во всех провинциях. Коэффициенты наклона линейного тренда в течение последних 40 лет составляют от минимальных значений $-0,27$ суток/10 лет в Тагило-Пышминской провинции Зауральского пенеппена до максимальных $-0,93$ суток/10

лет в Косью-Юрюзанской провинции западных предгорий Среднего Урала. Максимальные сдвиги к более раннему наступлению фенологической весны выявлены на Среднем Урале — до 3,5 суток. Фенологическая осень также характеризуется более ранним наступлением — от 0,76 до 3 суток. Фенологическая зима в последние десятилетия во всех провинциях наступает позже на 2–6,3 суток, достигая максимального запаздывания в среднегорной Щугоро-Усьвинской провинции. Продолжительность зимнего фенологического сезона во всех провинциях имеет тенденцию к сокращению в среднем на 5–8 суток, за счет чего увеличивается длительность других сезонов. Таким образом, в условиях изменения температурного режима последних лет отмечаются сдвиги в наступлении границ фенологических сезонов и изменение их продолжительности, что требует дальнейших дополнительных исследований.

Таблица 1

Границы и продолжительность фенологических сезонов

Ландшафтные провинции	Начало весны	Продолжительность весны	Начало лета	Продолжительность лета	Начало осени	Продолжительность осени	Начало зимы	Продолжительность зимы
Северный Урал								
Щугоро-Вишерская провинция западных предгорий	16. апр ±1,4	63 ±1,5	17. июн ±0,7	59 ±2,0	15. авг ±1,8	67 ±2,6	19. окт ±1,3	179 ±1,9
Среднегорная Щугоро-Усьвинская провинция	21. апр ±3,0	60 ±2,9	20. июн ±1,0	50 ±1,5	9. авг ±1,3	65 ±2,8	14. окт ±2,4	191 ±3,6
Ятрия-Лобвинская провинция восточных предгорий	13. апр ±1,3	64 ±2,9	15. июн ±1,2	61 ±4,9	17. авг ±2,7	62 ±5,3	20. окт ±1,1	175 ±1,8
Средний Урал								
Косью-Юрюзанская провинция западных предгорий	08. апр ±0,9	65 ±2,1	15. июн ±0,6	66 ±1,5	26. авг ±1,5	62 ±4,3	28. окт ±1,2	161 ±2,0
Низкогорная провинция	14. апр ±1,2	61 ±2,3	13. июн ±1,2	72 ±2,0	26. авг ±1,6	49 ±2,7	16. окт ±1,2	181 ±2,0
Исетско-Лялинская провинция восточных предгорий	04. апр ±1,0	60 ±1,8	03. июн ±0,3	75 ±1,0	17. авг ±0,8	77 ±3,9	27. окт ±1,3	160 ±1,5
Тагило-Пышминская провинция Зауральского пенеплена*	06. апр ±1,3	59 ±9,0	29. май ±7,3	90 ±9,0	27. авг ±4,7	59 ±9,0	25. окт	16 2±1,9

*В связи с низкой достоверностью исходных данных результаты Тагило-Пышминской провинции Зауральского пенеплена в анализе не учитывались

Литература

1. Айрапетян Ф. П. Опыт изучения высотных фитофенологических градиентов на склоне массива Арагац : автореф. дис ... канд. геогр. наук. Ереван, 1972. 21 с.
2. Буторина Т. Н. Биоклиматическое районирование Красноярского края. Новосибирск : Наука, 1979. 231 с.
3. Елагин И. Н. Времена года в лесах России. Новосибирск : Наука, 1994. 216 с.
4. Елагин И. Н. Фенология лесов Красноярской лесостепи // Динамика лесных биогеоценозов Сибири. Новосибирск : Наука, 1980. С. 159–174.
5. Минин А. А. Фенология Русской равнины : материалы и обобщения. М. : Изд. АБФ/АВФ, 2000. 160 с.
6. Шульц Г. Э. Общая фенология. Л. : Наука, 1981. 187 с.
7. Янцер О. В., Терентьева Е. Ю. Общая фенология и методы фенологических исследований : учебное пособие для студентов геогр.-биол. фак. Екатеринбург : Изд-во УрГПУ, 2013. 218 с.

Uliya Ivanova¹, Nataliya Skok², Oksana Yantser²

**DYNAMICS OF THE TIMING OF SEASONAL EVENTS
IN THE LANDSCAPE PROVINCES OF THE NORTHERN AND MIDDLE
URALS AS A RESPONSE TO MODERN CLIMATE CHANGE**

¹Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin

²Ural State Pedagogical University

iu.r.ivanova@urfu.ru

The article is devoted to the study of the boundaries of phenological seasons in the landscape provinces of the Northern and Middle Urals as a reaction to modern climatic changes. The purpose of the study is to determine patterns and trends in changes in the boundaries between phenological seasons for several types of landscapes. Analysis was based on long-term data collected using the classical method of phenological observation. The study covered seven landscape provinces in the taiga area of the Urals and emphasized the spatial and temporal variation of the onset of spring, summer, autumn, and winter. Results showed regular shifts in dates for the beginning of each season, including earlier spring and autumn and shorter winters. The data obtained emphasizes the importance of continued research to identify the impact of climate change on natural processes, which has practical significance in forecasting and adaptation to modern climate change.

Секция 2

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПОЛИТИКА СТРАН И РЕГИОНОВ РОССИИ И МИРА

М. А. Аршинова, Т. В. Комарова

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В СТРАНАХ ЕВРОПЫ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
amari_geo@mail.ru, tanja37@yandex.ru

Европейские страны характеризуются высоким уровнем потребления продовольствия, притом, что агроприродный потенциал ландшафтов Европы недостаточно высок, чтобы обеспечить обильные урожаи сельскохозяйственных культур. По данным Всемирного Банка в 2022 году стоимость импортируемого в Европу продовольственного сырья составила 36% общемирового рынка импорта продовольствия, хотя на территории Европы проживает только 8% мирового населения. Экологический след — это интегральный геоэкологический индикатор, позволяющий проводить сравнение продукционных возможностей территории государств и площади среднестатистических угодий, необходимых для производства потребляемого продовольствия. Расчеты, проведенные на основе таких показателей, как биоемкость и экологический след, по отдельным категориям земель (пашни и пастбища), показали, что общий дефицит продуктивных земель в регионе составляет около 40% от имеющихся. Эти величины хорошо коррелируют с данными по импортозависимости отдельных стран и оценками площади «виртуальных земель», «импортируемых» странами Европы для удовлетворения своих потребностей в продовольствии.

DOI: 10.15356/geoeeco_2024_1_16

Введение. Европейский субрегион в целом, и каждая из европейских стран, в частности, характеризуются высоким уровнем потребления продовольствия. Ежесуточная калорийность питания каждого европейца колеблется от 3200 до 3700 ккал в сутки, что является рекордным показателем для жителей Земли и значительно превышает норму, установленную ВОЗ (3000 ккал в сутки). В этой связи возникают закономерные вопросы — насколько обеспечена продовольственная безопасность населения европейских стран и могут ли агроландшафты Европы произвести необходимое для жителей региона продовольствие?

Европейские страны возглавляют общемировой рейтинг стран по индексу продовольственной безопасности (ИПБ). Он рассчитывается по соотношению цен на продо-

вольствие в стране и уровня доходов населения, с учетом наличия необходимого количества продуктов на рынке, разнообразия ассортимента и колебаний цен. Будучи чисто экономическим показателем, он не принимает во внимание производственные возможности сельскохозяйственных угодий отдельных стран Европы. Первую пятерку рейтинга составляют такие страны, как Финляндия, Ирландия, Норвегия, Франция и Нидерланды, с показателями ИПБ более 80,0 [7]. Еще три европейские страны (Швеция, Великобритания и Португалия) входят в десятку лидеров рейтинга.

Известно, что агроприродный потенциал ландшафтов Европы недостаточно высок, чтобы получать обильные урожаи сельскохозяйственных культур. Так, 10% территории региона непригодно для ведения земледелия открытого грунта по причине острого недостатка тепла. Еще на 12% в связи с недостаточной теплообеспеченностью возможно возделывание весьма ограниченного набора сельскохозяйственных культур и получение невысоких урожаев. Более половины территории Европы имеет крутосклонный рельеф, что существенно затрудняет сельскохозяйственное освоение и требует применения специальных агротехнических приемов, например террасирования. Для четверти территории характерны неблагоприятные условия увлажнения (переувлажнение с последующим заболачиванием или, напротив, засухи в период вегетации сельскохозяйственных культур). Почти в 20% почв региона отмечается дефицит биофильных элементов, что также не способствует получению высоких урожаев и вынуждает применять значительные количества удобрений при сельскохозяйственном использовании подобных земель [3].

Сопоставление высокого уровня продовольственной безопасности европейского региона и относительно ограниченных производственных возможностей сельскохозяйственных угодий Европы делает весьма актуальной оценку обеспеченности стран продуктивными сельскохозяйственными землями. Особенно с учетом того, что, как показывает экономическая статистика, на европейский регион, где проживает только 8% населения планеты, приходится 36% мирового импорта продуктов питания, что в 2022 году составляло более 650 млрд долл. США [5; 6].

В 2021 г. сельскохозяйственные угодья составляли меньше половины всего земельного фонда Зарубежной Европы: на долю пашен приходилось 27%, на луга и пастбища — 15%¹. (табл. 1).

В этом проявляется особенность Европы, для которой характерно очень плотное повсеместное размещение селитебных и производственных объектов, поглощающих значительные площади. Вторая особенность — это доминирование пахотных, а не кормовых угодий, как в других макрорегионах мира. В Средней Европе это доминирование выражено наиболее отчетливо: в странах Западной Европы доля пахотных угодий составляет 34% против 16% пастбищ, а в Восточной Европе с ее обширными равнинными пространствами доля пашен достигает 43%, притом, что на пастбища приходится всего 13% земельного фонда. И только в Северной Европе, преимущественно в зоне тайги, доли пахотных и пастбищных угодий выравниваются, а сельскохозяй-

¹ <https://www.fao.org/faostat/en/#home>

ственные земли в целом (23% общей площади) намного уступают лесам и прочим землям (44% и 33% соответственно)

Таблица 1

Структура земельного фонда по регионам зарубежной Европы

Регионы Европы	Общая площадь, млн. га	Доля от общей площади, %			
		Пахотные угодья	Луга и пастбища	Леса	Прочие земли
Северная Европа (зона тайги)	169	11	12	44	33
Западная Европа (зона атлантических широколиственных лесов)	108	34	16	30	20
Восточная Европа (зона центральноевропейских смешанных и широколиственных лесов)	164	43	13	28	16
Южная Европа (зона вечнозеленых ксерофитных лесов и кустарников)	134	21	16	34	19
Зарубежная Европа, итого	575	27	15	35	23

Для оценки продовольственных ресурсов традиционно используются удельные показатели обеспеченности стран и регионов сельскохозяйственными угодьями — в гектарах на душу населения. Отметим, что эти статистические показатели тоже не учитывают различия продукционных характеристик земель, как в связи с природными особенностями территорий, так и в зависимости от специфики сельскохозяйственного производства в той или иной стране. Один из возможных способов учета таких различий — использование косвенных показателей, в частности, биоемкости и экологического следа по потреблению. Национальные значения этих показателей ежегодно рассчитываются в базе данных Global Footprint Network².

Материалы и методы. Биоемкость — имеющаяся биологически продуктивная территория, способная воспроизводить потребляемые человеком ресурсы. В понятие биоемкости включается не просто естественное плодородие (продуктивность) почвы, но и те изменения, которые были привнесены разнообразными агромелиоративными воздействиями (химическими, гидромелиоративными, агротехническими, противоэрозионными), а также селекцией, подбором севооборотов и т. д. [2]. Влияние агромелиорации объясняет высокие значения биоемкости сельскохозяйственных угодий — как для Европы в целом, так и для отдельных стран. Экологический след, в свою очередь, это биологически продуктивная территория, необходимая для производства потребляемых человеком ресурсов. Таким образом, показатель экологического следа зависит от уровня потребления в стране.

² https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.255073224.1777917794.1738519239-215875243.1738519239#/

Оба показателя оцениваются в «глобальных гектарах» — единицах площади биологически продуктивной территории и акватории со среднемировым показателем биопродуктивности за определенный год. Фрагмент записей в базе данных (рис. 1) показывает, что для каждой страны на каждый год рассчитывается не только общая биоемкость территории и общий экологический след по потреблению, но и частные показатели для отдельных категорий. Для данного исследования принципиальную важность имеют данные о биоемкости и экологическом следе пахотных земель и пастбищ.

— Ecological Footprint — Biocapacity ● Ecological Deficit ● Ecological Reserve

York University, FoDa's, Global Footprint Network, 2023 National Footprint and Biocapacity Accounts Note: last three years are estimates

Country	Year	Record	Built-up Land	Carbon	Cropland	Fishing Grounds	Forest Products	Pasture Land	Total	Data Quality Score
Finland	2021	EFConsTotGHA	701180.08	15860447.14	5216053.58	825673.38	5242417.35	938530.04	28784301.6	3A
Finland	2021	BiocapTotGHA	701180.08		4656900.51	12783625.46	46487774.6	480169.21	65109649.88	3A
Finland	2022	EFConsTotGHA	701180.08	16792737.66	5216053.58	825673.38	5242417.35	938530.04	29716592.12	3A
Finland	2022	BiocapTotGHA	701180.08	0	4656900.51	12783625.46	46487774.62	480169.21	65109649.88	3A

Рис. 1. Фрагмент записей в базе данных Global Footprint Network (выделены значения для пахотных и пастбищных угодий)

Данные Global Footprint Network о биоемкости продуктивных сельскохозяйственных земель, с одной стороны, и площади пашен и пастбищ, необходимых для производства того объема продовольствия, которое потребляет население соответствующей страны, с другой, позволяют установить для каждой страны нехватку (или избыток) соответствующих угодий в абсолютных величинах, выраженных в глобальных гектарах.

Для оценки степени обеспеченности стран продуктивными сельскохозяйственными угодьями получившиеся показатели дефицита/избытка пашен (пастбищ) необходимо сопоставить с реальными площадями соответствующих земель, имеющимися в той или иной стране. Чтобы провести такое сравнение, используется алгоритм пересчета площадей, выраженных в глобальных гектарах, в реальные площади. Он исходит из формулы (1), используемой в Глобальной сети экологического следа для расчета биоемкости сельскохозяйственных угодий:

$$\text{Биоемкость} = \text{площадь пашен (пастбищ) в реальных гектарах} * \text{Кэв} * \text{Кпрод} \quad (1)$$

Расчеты биоемкости основываются на учете двух коэффициентов — эквивалентности и продуктивности. Коэффициент эквивалентности (Кэв) отражает различие в объемах биомассы, продуцируемой на пашнях и на пастбищах, вне зависимости от их географического расположения. Для пашен он равен 2,51, а для пастбищ — 0,46. Коэффициент продуктивности (Кпрод) отражает уровень естественного плодородия почв, трансформированного применяемым в данной стране агрономическим комплексом. Последний весьма динамичен и меняется не только по типам почв, но и в пределах одной страны в разные годы в зависимости от реализуемой национальной сельскохозяйственной политики.

Значения $K_{прод}$ рассчитаны для пахотных и пастбищных угодий каждой страны по данным о биоемкости за 2021 год, опубликованным Глобальной сетью экологического следа, и по данным ФАО о реальной площади соответствующих земель с использованием формул (2) и (3):

$$\text{Для пашен: } K_{прод} = \text{Биоемкость пашен} / \text{Площадь пашен} * 2,51 \quad (2)$$

$$\text{Для пастбищ: } K_{прод} = \text{Биоемкость пастбищ} / \text{Площадь пастбищ} * 0,46 \quad (3)$$

Полученные значения $K_{прод}$, уникальные для каждой страны, позволили произвести пересчет дефицитов/избытков пашен (пастбищ) из глобальных гектаров в реальные площади. На заключительном этапе расчетов реальные показатели нехватки (или резерва) пахотных и пастбищных земель соотносились с площадями соответствующих угодий, имеющимися в конкретной стране.

Результаты и обсуждение. Расчеты, произведенные в соответствии с предложенным алгоритмом, позволили оценить степень обеспеченности европейских стран продуктивными сельскохозяйственными угодьями через соотношение площадей имеющихся пашен и пастбищ и площадей соответствующих земель, необходимых для производства потребляемого в той или иной стране продовольствия.

На рис. 2 представлена ситуация с пахотными угодьями в странах Европы. Термин «избытки» означает, что площадь пахотных угодий в данной стране с учетом применяемых агромероприятий больше, чем нужно для производства продовольственной продукции, потребляемой в данной стране. И наоборот, термин «дефициты» указывает, что имеющихся пашен недостаточно для производства продукции растениеводства, которая реально потребляется населением.

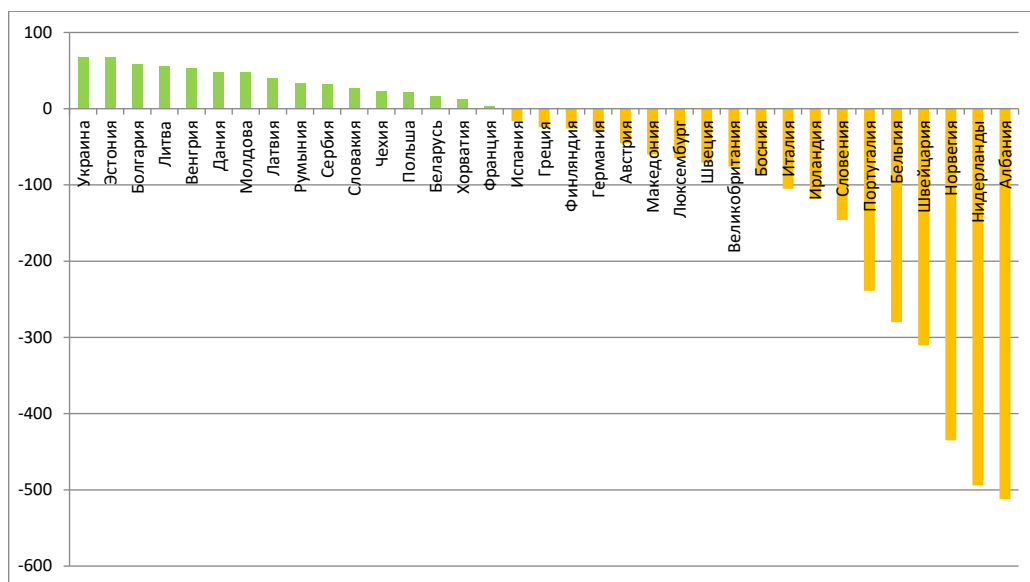


Рис. 2. Избытки (зеленый цвет) и дефициты (желтый цвет) пахотных угодий в странах Европы (% от имеющихся пашен)

Прежде всего, обращает на себя внимание тот факт, что в ряде стран Европы имеется пусть небольшой, но избыток (резерв) пахотных угодий. В основном, это государства Центральной и Восточной Европы, отличающиеся более высоким агроприродным потенциалом территории (обширные равнины, плодородные почвы и т. п.). Кроме того, для некоторых из этих стран характерен относительно пониженный (по сравнению с общеевропейским) уровень потребления продовольствия (около 2800 ккал на 1 человека в сутки в Болгарии, Сербии, Словакии, Хорватии и даже 2400 ккал в Молдавии), что снижает для них величину экологического следа.

Далее следует отметить, что в европейском регионе преобладают страны, для которых характерен дефицит пахотных угодий. Причем во многих из них нехватка в несколько раз превышает имеющиеся площади пашен — в 2–3 раза для Португалии, Бельгии, Швейцарии, в 4–5 раз для Норвегии, Нидерландов, Албании. Причины столь значительного дефицита различны. Если в Швейцарии и Албании он связан в основном с горным рельефом территории, ограничивающим возможности земледельческого освоения, то в Норвегии к гористому рельефу присоединяются и неблагоприятные агроклиматические условия. Для Бельгии и Нидерландов основные причины значительной нехватки пахотных земель для удовлетворения потребностей населения в продовольствии заключаются в высоком уровне потребления, промышленной ориентации экономики и ограниченной площади земельного фонда, большая часть которого отведена под застройку и объекты инфраструктуры.

Аналогичные расчеты для оценки обеспеченности стран Европы пастбищными угодьями не позволили получить достоверные результаты. Это связано с тем, что применяемая Global Footprint Network методика расчета биоемкости и экологического следа для пастбищ не учитывает специфику современного европейского животноводства. В большинстве стран Европы оно основано на стойловом содержании животных, свободный выпас или отсутствует вообще, или допускается в основном по стерне, на полях после уборки урожая. Об этом свидетельствует и незначительная доля пастбищных угодий в структуре земельного фонда как Европы в целом, так и отдельных ее регионов (см. табл. 1).

Еще одна особенность ведения животноводства в Европе — полевое кормопроизводство, когда на пашнях выращиваются не продовольственные, а кормовые культуры. Именно с этим связан, например, парадокс оценки обеспеченности пахотными угодьями для Дании. С учетом потребления продукции растениеводства страна располагает почти 50%-м резервом площади пашен. На самом деле, эти земли активно используются для производства высококачественных кормов для знаменитого молочного животноводства страны.

Для верификации полученных результатов проведено сравнение с имеющимися данными о доле импортного зерна в общем объеме его потребления [5]. Выявленные в ходе данного исследования страны — лидеры по нехватке пахотных угодий на 70–80% (Португалия, Бельгия, Албания), а то и более чем на 90% (Нидерланды, Черногория) зависят от импорта зерновых (рис. 3).

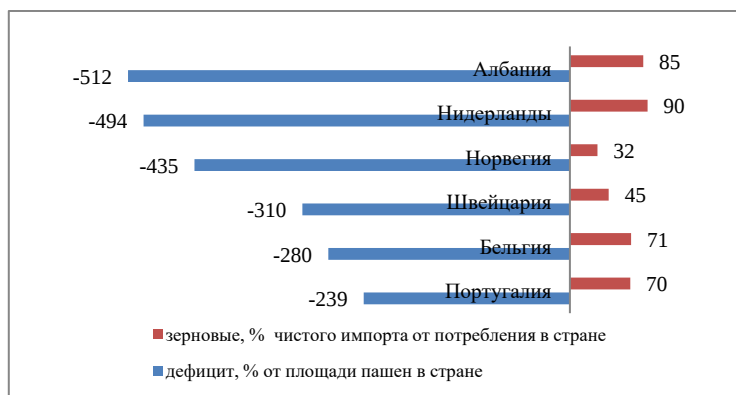


Рис. 3. Страны — лидеры по дефициту пахотных угодий и импорту зерновых

В Европе осуществляется ряд проектов [1; 4] по оценке так называемых «виртуальных» земель, т. е. площади угодий, которые европейские страны используют в других регионах мира для обеспечения своего продовольственного благополучия. Эти оценки показали, что общий дефицит продуктивных сельскохозяйственных земель в Европейском регионе составляет около 40% от имеющихся. То есть, если бы все продовольствие, потребляемое жителями Европы, производилось на территории региона, для этого потребовалось бы примерно на 40% больше сельскохозяйственных угодий. В целом и эти оценки совпадают с полученными нами результатами.

Закключение. В ходе проведенного исследования выявлены страны, преимущественно в Восточной и Центральной Европе, располагающие некоторыми резервами пахотных земель. В то же время для многих европейских стран характерна значительная нехватка пашен, если сравнивать имеющиеся у них земельные ресурсы данной категории с площадью угодий, необходимых, чтобы произвести тот объем продукции растениеводства, который потребляется населением.

С методической точки зрения установлено, что использование показателей экологического следа для оценки обеспеченности стран Европы пастбищными угодьями не позволяет получить достоверные результаты. Это связано с тем, что применяемая Global Footprint Network методика расчета биоемкости и экологического следа для пастбищ не учитывает специфику современного европейского животноводства. В большинстве стран Европы оно основано на стойловом содержании животных. Об этом свидетельствует и незначительная доля пастбищных угодий в структуре земельного фонда как Европы в целом, так и отдельных ее регионов.

В результате проведенной оценки с использованием предложенного алгоритма расчетов показано, что использование данных о биоемкости и экологическом следе отдельных категорий сельскохозяйственных земель позволяет с большей точностью судить о степени обеспеченности европейских стран продуктивными угодьями, прежде всего пахотными. Наиболее значимым является в данном случае показатель биоемкости, при определении которого учитываются как особенности агроприрод-

ного потенциала территории, так и специфика организации сельскохозяйственного производства в той или иной стране. В связи с этим представляется вполне возможным использование показателя биоемкости в качестве геоэкологического индикатора при оценке степени обеспеченности продуктивными сельскохозяйственными угодьями в других странах и регионах мира.

Литература

1. Продовольственная безопасность и сельское хозяйство // Земельные ресурсы: всемирный обзор. Первое издание. Бонн, Германия : КБО ООН, 2017. С. 124–159.
2. Ewing B., Reed A., Galli A., Kitzes J., and Wackernagel M. Calculation Methodology for the National Footprint Accounts. 2010 Edition. Oakland : Global Footprint Network, 2010.
3. Global Agro-Ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results. IIASA, FAO, January 2002.
4. Noleppa S., Carlsburg M. Another look at agricultural trade of the European Union: Virtual land trade and self-sufficiency. 2014. (HFFA Research Paper ; 01).
5. World Food and Agriculture : Statistical Yearbook 2023. Rome : FAO, 2023.
6. Хомяков Д. М. Продовольственная безопасность и сельское хозяйство (прогноз глобальной ситуации на ближайшее десятилетие). 2022. URL: [https://ecfs.msu.ru/resources/analitics/prodovolstvennaya-bezopasnost-i-selskoe-hozyajstvo-\(prognoz-globalnoj-situaczii-na-blizhajshee-desyatiletie\)](https://ecfs.msu.ru/resources/analitics/prodovolstvennaya-bezopasnost-i-selskoe-hozyajstvo-(prognoz-globalnoj-situaczii-na-blizhajshee-desyatiletie)) (дата обращения: 11.11.2024).
7. Global Food Security Index : Economist Impact 2022. URL: <https://impact.economist.com/sustainability/project/food-security-index> (дата обращения: 11.11.2024).

M. A. Arshinova, T. V. Komarova
ASSESSMENT OF PRODUCTIVE AGRICULTURAL LANDS
IN THE COUNTRIES OF EUROPE USING THE ECOLOGICAL
FOOTPRINT PARAMETERS

Lomonosov Moscow State University
amari_geo@mail.ru, tanja37@yandex.ru

European countries have high values of food consumption, while the agro-natural potential of European landscapes is not enough to ensure the adequate harvests of agricultural crops. According to the World Bank, in 2022 the value of food imported to Europe amounted to 36% of the global food import market, although only 8% of the world's population lives in Europe. The ecological footprint is an integral geoecological indicator that makes it possible to compare the production capabilities of the territory with the area of average statistical land required to produce the food consumed. Calculations based on such indicators as biocapacity and ecological footprint for individual land categories (arable land and pastures) showed that the overall deficit of productive land in the European region is about 40% of the available land. These values correlate well with the data on the import dependence of individual countries and the estimates of the area of 'virtual land' 'imported' by European countries to meet their food needs.

А. А. Буторин
ВКЛАД КОНВЕНЦИИ О ВСЕМИРНОМ НАСЛЕДИИ
В РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ.
ИТОГИ 46-Й СЕССИИ КОМИТЕТА ВСЕМИРНОГО НАСЛЕДИЯ

Институт географии РАН
heritage1@yandex.ru

При содействии Конвенции об охране всемирного наследия за 52 года ее реализации были предотвращены многие опасные для сохранности уникальных природных объектов хозяйственные проекты. Среди них перенос трассы ВСТО из прибрежной зоны озера Байкал, закрытие БЦБК, отказ от прокладки газопровода «Сила Сибири — 2» через плато Укок на Алтае, отказ от сплошных рубок леса в долине реки Бикин и на Северном Урале. Достаточно примеров и в мировой практике. В настоящее время в рамках Конвенции проводится мониторинг состояния сохранности целого ряда российских природных объектов: Озера Байкал, Вулканов Камчатки, Западного Кавказа, Девственных лесов Коми, Золотых гор Алтая, Острова Врангеля, Ландшафтов Даурии, в отношении части из них приняты решения 46-й сессии Комитета всемирного наследия. В ходе прошедшей сессии список российских объектов Всемирного наследия пополнил Кенозерский национальный парк.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_17

За 52 года применения Конвенция ЮНЕСКО об охране всемирного культурного и природного наследия (Конвенция) неоднократно доказывала свою эффективность, спасая от уничтожения и деградации выдающиеся в мировом масштабе памятники культуры и природные достопримечательности. Такие механизмы Конвенции, как оперативный (реагирующий) мониторинг состояния сохранности объектов наследия, периодическая отчетность государств-сторон о выполнении Конвенции, перевод соответствующих объектов в Список всемирного наследия, находящегося под угрозой, и исключение из Списка утративших «выдающуюся универсальную ценность» участков, — позволяют находить положительные решения в острых конфликтах сохранения и развития.

По состоянию на конец 2024 г. Конвенцию подписали 196 государств. В Списке всемирного наследия (Список) числится 1223 объекта: 952 культурных, 231 природный, 40 смешанных в 168 странах. 56 объектов (40 культурных и 16 природных) из 32 стран переведены в Список всемирного наследия, находящегося под угрозой. 3 объекта исключены из Списка: Заповедник аравийского орикса (Оман, 2007 г.), Долина Эльбы у Дрездена (Германия, 2009 г.), Ливерпуль — город мореходов и торговцев (Великобритания, 2021 г.). Примечателен тот факт, что из Списка исключены объекты государств-сторон, являвшихся инициаторами и разработчиками Конвенции, активно поддерживающих ее в настоящее время. Это говорит о том, что Конвенция выполняется корректно, следуя правилам, прописанным в ее базовых документах.

Российская статистика выглядит следующим образом. В Список включены 32 (33) объекта: 11 природных и 21 (22) культурный. Разночтение связано с крымским объектом культурного наследия «Херсонес Таврический», включенным в Список в 2013 г. Общая площадь российских природных объектов Всемирного наследия составляет около 25,5 млн га. Статус объекта Всемирного наследия имеют 42 ООПТ, включая 13 заповедников, 8 национальных парков, 4 заказника федерального значения, 10 природных парков, 6 заказников регионального значения, 1 памятник природы регионального значения. Все эти охраняемые территории, занимающие огромную площадь (превышающую площадь Великобритании), находятся под дополнительной надежной защитой Конвенции.

В 2025 году природоохранная общественность отметит 30-летие включения в Список первого российского природного объекта — «Девственные леса Коми». Выделим наиболее значимые природоохранные события, произошедшие с 1995 года при содействии Конвенции:

- Озеро Байкал — принят ФЗ «Об охране озера Байкал», изменена трасса нефтепровода ВСТО, закрыт БЦБК;
- Девственные леса Коми, Центральный Сихотэ-Алинь — предотвращены сплошные рубки леса на Северном Урале и в верховьях р. Бикин;
- Золотые горы Алтая — предотвращено строительство газопровода «Сила Сибири — 2» через плато Укок (участок объекта), разработаны планы управления ООПТ;
- Западный Кавказ — перенесено строительство олимпийских объектов из буферной зоны объекта, предотвращено строительство автотрассы через Кавказский хребет;
- Остров Врангеля — инициирована очистка прибрежной полосы от металлолома, разработан план управления;
- Ландшафты Даурии, Озеро Байкал — приостановлены проекты гидротехнического строительства в Монголии на р. Улдза и притоках впадающей в Байкал р. Селенга.

Мониторинг состояния сохранности природного наследия ведется непрерывно — в ходе 45-й (2023 г.) и 46-й (2024 г.) сессий Комитета всемирного наследия (Комитет) были приняты решения по состоянию сохранности 8 российских природных объектов (Девственные леса Коми, Озеро Байкал, Вулканы Камчатки, Золотые горы Алтая, Западный Кавказ, Центральный Сихотэ-Алинь, Остров Врангеля, Ландшафты Даурии). В числе ключевых проблем Комитетом отмечены ослабление охранного статуса, отсутствие предпроектных ОВОС, проекты и строительство неприемлемых объектов туристической, горнодобывающей, транспортной и гидротехнической инфраструктуры.

Важно отметить, что в период работ по подготовке соответствующих номинаций создан ряд региональных ООПТ: энтомологический заказник «Алтын солок», 4 ООПТ Республики Адыгея, ландшафтный заказник Приморского края «Верхнебикинский». Также подготовлена документация для создания национального парка «Удэгейская легенда», существенно увеличена площадь природного парка «Ленские столбы».

В решении и предотвращении экологических проблем велика обучающая и просветительская роль Конвенции. В частности, Центром всемирного наследия и консультативными органами Конвенции изданы многочисленные тематические справочники и методические пособия, актуальные как в рамках применения Конвенции, так и в широком природоохранном контексте. Часть из них доступна в русскоязычном варианте. Так, в 2024 г. при содействии Института географии РАН на русском языке издано «Руководство и методическое пособие по оценке воздействия в контексте всемирного наследия»¹, разработанное в 2022 г. ЮНЕСКО, ИККРОМ, ИКОМОС и МСОП. Руководство предоставляет основу для проведения оценки воздействия на объекты Всемирного наследия, предлагая практические советы и инструменты, включая перечни контрольных показателей и глоссарий.

Итоги 46-й сессии Комитета всемирного наследия

В ходе прошедшей в Нью-Дели 21–31 июля 2024 г. 46-й сессии Комитет включил в Список 24 новых объекта: 19 культурных, 4 природных, 1 смешанный из 23 стран. Природные и смешанные объекты:

- Пустыня Бадаин-Джаран — Башни из песка и озера (Китай)
- Национальный парк Ленсойс-Мараньенсес (Бразилия)
- Страна потока (Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии)
- Пещера Ветреница, Равно (Босния и Герцеговина)
- Те Хенуа Эната — Маркизские острова (Франция)

Один объект включен в Список всемирного наследия, находящегося под угрозой (Монастырь Святого Илариона/Телль Умм Амер, Палестина), также один объект восстановлен в Списке (национальный парк Ниоколо-Коба, Сенегал). Утверждены решения о состоянии сохранности 123 объектов (83 культурных, 34 природных, 6 смешанных), в т. ч. Озера Байкал, Вулканов Камчатки, Западного Кавказа.

Ниже приведены выдержки из решений 46-й сессии Комитета по объектам Озеро Байкал и Западный Кавказ, в отношении которых существует реальная угроза их перевода в Список всемирного наследия, находящегося под угрозой.

Озеро Байкал. Решение 46 COM 7B.52.

Комитет всемирного наследия:

С глубокой озабоченностью отмечает вывод совместной миссии Центра всемирного наследия / МСОП по реактивному мониторингу 2023 года о том, что Выдающаяся универсальная ценность (ВУЦ) объекта сталкивается со значительными установленными и потенциальными угрозами из-за **долгосрочного ухудшения качества воды озера Байкал, постоянного и растущего антропогенного давления**, особенно связанного с загрязнением и развитием туризма, а также **нерегулярной правовой защитой и отсутствием комплексного управления**;

¹ <https://whc.unesco.org/en/guidance-toolkit-impact-assessments/> (дата обращения: 20.11.2024)

Вновь обращается с просьбой к государству-стороне предоставить **подробную информацию обо всех основных проектах на территории объекта** и обеспечить, чтобы они подлежали **оценке воздействия на окружающую среду**;

Просит государство-сторону выполнить все рекомендации миссии 2023 года, в том числе завершить обзор внесенных в законодательство изменений и **оценить влияние предлагаемых дополнительных изменений к Закону о Байкале** на объект наследия до **утверждения этих поправок** и их рассмотрения Комитетом;

Просит государство-сторону пригласить **новую миссию оперативного мониторинга на объект в 2026 году** для оценки прогресса, достигнутого в предотвращении деградации ВУЦ объекта и в устранении угроз, влияющих на состояние его сохранности, в частности правовой защиты, развития туризма, загрязнения, нагрузки на землепользование и управление, включая лесопользование, и **оценить, соответствует ли объект условиям для включения в Список всемирного наследия, находящегося под угрозой**.

Западный Кавказ. Решение 46 COM 7B.54.

Комитет всемирного наследия:

Подтверждает свою позицию о том, что **строительство крупномасштабной инфраструктуры** на территории объекта, в том числе на плато Лагонаки, послужило бы **основанием для включения объекта в Список всемирного наследия, находящегося под угрозой** и настоятельно призывает государство-сторону не продолжать реализацию планов строительства горнолыжного курорта на территории объекта, немедленно прекратить все текущие подготовительные работы на плато Лагонаки и определить альтернативные места за пределами объекта;

Вновь выражает свою крайнюю озабоченность по поводу **планов строительства нового шоссе и железной дороги, соединяющих Северный Кавказ с Черным морем**;

Просит государство-сторону предоставить дополнительную информацию о предложениях по **строительству 13-километрового туннеля через территорию объекта для дороги между Архызом и Красной Поляной**;

Повторяет свою просьбу к государству-стороне **не разрешать строительство крупномасштабной инфраструктуры в Сочинском федеральном заказнике и Сочинском национальном парке, непосредственно прилегающих к объекту**, учитывая их значимость для экологической среды объекта;

Также вновь обращается с просьбой к государству-стороне **разработать стратегический подход к развитию туризма**, путем определения подходящих альтернативных мест для развития туристической инфраструктуры за пределами границ объекта.²

Решением Комитета на 46-й сессии в Список включен очередной российский объект — «Культурный ландшафт Кенозерья». Несмотря на то, что объект является особо охраняемой природной территорией, в Список Кенозерский национальный парк включен в соответствии с «культурным» критерием iii выдающейся универсаль-

ной ценности: «Объект расположен в Кенозерском национальном парке на северо-западе европейской части Российской Федерации. В нем сохранился местный культурный ландшафт, который формировался с XII века в результате постепенного славянского расселения. Здесь расположено несколько традиционных сельских поселений с самобытными памятниками русского деревянного зодчества. В них отражены особенности общинного землевладения и природопользования, сложившиеся в результате слияния традиций коренного финно-угорского лесоводства и славянских традиций полеводства. Ключевыми социальными, культурными и визуальными достопримечательностями района являются деревянные церкви и другие культовые здания, которые изначально украшались расписными потолками или «небесами». Духовную связь жителей с окружающей средой подчеркивает пространственная организация парка, а также наличие священных мест и символов.»²

Статья подготовлена по теме Государственного задания «Биотические, географо-гидрологические и ландшафтные оценки окружающей среды для создания основ рационального природопользования (FMWS-2024-0007)».

A. A. Butorin

**THE CONTRIBUTION OF THE WORLD HERITAGE CONVENTION
TO SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS.
RESULTS OF THE 46TH SESSION OF THE COMMITTEE**

*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences
heritage1@yandex.ru*

With the assistance of the Convention concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage, over the 52 years of its implementation, many economic projects that are dangerous for the preservation of unique natural sites have been prevented. Among them are the transfer of the ESPO oil pipeline from the coastal zone of Lake Baikal, the closure of the BCBK, the refusal to lay the Power of Siberia—2 gas pipeline through the Ukok plateau, the refusal of continuous logging in the Bikin River valley and in the Northern Urals. There are enough examples in world practice.

Currently, the Convention monitors the state of conservation of a number of Russian natural sites: Lake Baikal, Volcanoes of Kamchatka, the Western Caucasus, Virgin Komi Forests, the Golden Mountains of Altai, Wrangel Island, the Landscapes of Dauria. Decisions of the 46th session of the World Heritage Committee were taken on some of them. During the last session, the Kenezersky National Park was added to the World Heritage List.

² <https://whc.unesco.org/en/sessions/46COM/decisions/> (дата обращения: 20.11.2024).

Н. Ю. Ключин¹, Н. Н. Митина², Чжоу Чаоин²

ПОСЛЕДСТВИЯ «ПРЕДЕЛА РОСТА» ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КИТАЯ

¹ООО Миософт, Москва

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
natalia_mitina@mail.ru

Целью работы является определение влияния на хозяйственную деятельность Китая динамики имеющегося количества и потребления водных ресурсов. Для исполнения данной цели в работе были решены следующие задачи: с помощью методов математической статистики определено взаимовлияние ряда основных среднегодовых гидрологических и экономических показателей, и оценено возможное минимальное количество воды, требуемого для производства единицы продукции. Проанализирована матрица 15 среднегодовых показателей с 1997 по 2023 гг., включающая информацию о водопотреблении в коммунальном хозяйстве, промышленном и сельскохозяйственном производствах, о водных ресурсах страны и ряде основных экономических показателях Китая. Получено, что за исследуемый период времени ВВП Китая вырос более чем в 15,8 раз, а общее водопотребление осталось практически не измененным, что говорит об огромных усилиях, направленных на водосбережение во всех сферах хозяйственной деятельности страны, и о достижении на этом направлении впечатляющих результатов.

Китай многие десятилетия активно развивает свою промышленность, сельское хозяйство, неуклонно увеличивается народонаселение, растет и уровень жизни в стране. Постоянный рост данных показателей требует все увеличивающегося количества вовлеченных в хозяйственную деятельность водных ресурсов, а также внедрения прогрессивных технологий водопользования и водосбережения [1]. Однако, учитывая, что водные ресурсы не бесконечны, соответственно ограничены объемы производства и услуг. Исследования ряда ученых предполагают, что водопотребление и экономика должны развиваться гармонично. Однако вопрос взаимосвязи поступательного устойчивого развития экономики Китая и ограничивающего данный процесс потребление имеющихся в стране природных вод до настоящего времени подробно не рассматривался.

Целью работы является определение влияния динамики имеющегося количества и потребления водных ресурсов на хозяйственную деятельность КНР, а также оценка возможного влияния объемов использования водных ресурсов на рост ВВП страны.

Для исполнения цели в работе были решены следующие задачи:

- определено взаимовлияние ряда основных гидрологических и экономических показателей,
- оценено возможное минимальное количество воды, требуемого для производства единицы произведенной продукции.

При комплексной характеристике природно-хозяйственного объекта требуется проанализировать огромное число измеряемых параметров. Вследствие этого, для количественного анализа исследуемого комплекса необходимо выбрать показатели,

определяющие интегральное состояние каждого его компонента по основной его функции.

Используя данный подход, была построена матрица для 11 среднегодовых показателей Китайской Народной Республики с 1997 по 2022 гг., используя открытые статистические данные [2, 3, 4]. Проанализировав данные полученной матрицы можно констатировать, что за исследуемый период времени среднегодовое количество осадков, ресурсы поверхностных вод и площади земель, используемых в сельском хозяйстве варьировали незначительно и остались примерно на прежнем уровне. Общий объем подземных вод за прошедшие годы увеличилось более чем на 14%, подтверждая информацию об активной разведке данных ресурсов и вовлечении их в хозяйственную деятельность. Более чем на 72 % выросло водопотребление в коммунальном хозяйстве, что говорит не только о росте населения в стране (которое выросло за прошедшие годы на 14%), но и о повышающемся уровне жизни.

В индустрии водопотребление постоянно росло до 2011 г. (рост превысил 30%) но с 2012 г. наметилось внедрение жестких мер, направленных на экономное отношение к воде, что привело к снижению водопотребления в отрасли к 2022 г. более чем на 31%. Изменилось и относительное количество водных ресурсов, потраченных на основные виды хозяйственной деятельности. Так в 1997 г. от общего количества потребляемой воды на сельскохозяйственное производство было потрачено 70,4%, на индустрию — 20,2%, а на коммунальное хозяйство только 9,4%. В 2022 г. на сельскохозяйственную деятельность было потрачено только 63%, на индустрию 16,1%, а на коммунальное хозяйство 20,1%. Т. о. полученные данные опять подтверждают кратное повышение уровня жизни населения, и жесткие меры водосбережения в производственной деятельности.

С 1997 по 2023 гг. примерно в 6 раз снизилось удельное водопотребление на производство сельскохозяйственной продукции, что говорит о беспрецедентной экономии воды в сельском хозяйстве (таблица 1, рис. 1). Также, согласно аппроксимации, представленной на рисунке 1, в ближайшие 10 лет данный показатель может снизиться еще вдвое, если внедрить новейшие технологии экономии водных ресурсов.

Таблица 1

Водопотребление в сельском хозяйстве, потраченное на единицу стоимости сельскохозяйственной продукции

годы	Водопотребление в сельском хозяйстве (млрд м ³)	Суммарное количество произведенной сельскохозяйственной продукции (млрд ю.)	Удельное водопотребление на производство сельскохозяйственной продукции (м ³ /ю.)
1997	391,97	1385,25	0,283
2002	373,62	1493,15	0,250
2007	359,95	2444,47	0,147
2013	392,15	4894,39	0,080
2017	376,64	5805,98	0,065
2022	378,13	8443,86	0,045

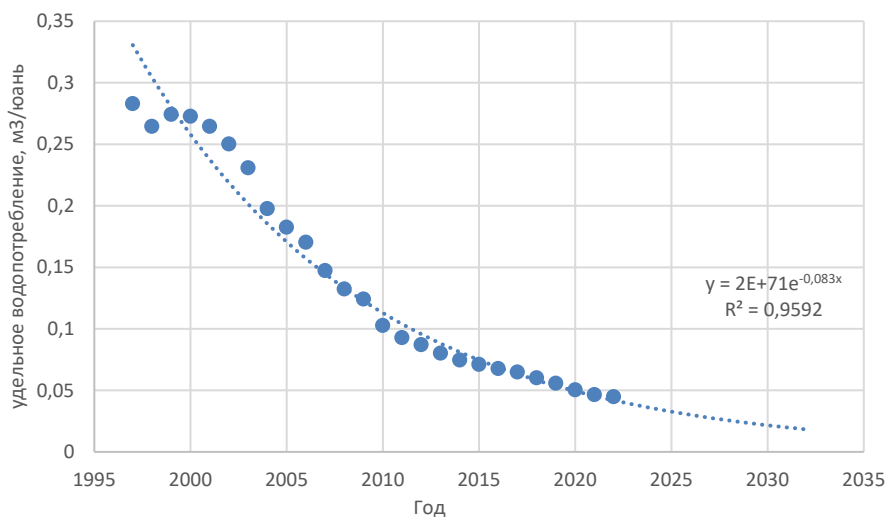


Рис. 1. Удельное водопотребление 1997–2022 гг. на единицу стоимости производства сельскохозяйственной продукции, м³/юань

Аналогично, рассчитав, согласно имеющимся открытым данным, минимальное количество воды, потраченное на единицу произведенной продукции (таблица 3, рисунок 2), и проведя аппроксимацию полученного графика, можно предсказать предел роста ВВП в стране, имеющей конечные водные ресурсы. Учитывая, что кривая, представленная на рисунке 2, выходит «на плато», предел роста ВВП весьма близок при данном хозяйственном укладе и уровне развития технологий.

Таблица 2

Удельное водопотребление на единицу произведенной продукции

Годы	Общее водопотребление в КНР (млрд м³)	ВВП КНР (млрд ю.)	Удельное потребление воды на единицу ВВП (м³/ю.)
1997	556,6	7971,5	0,070
2002	549,73	12171,74	0,045
2007	581,87	27009,23	0,022
2013	618,34	59296,32	0,010
2017	604,34	83203,59	0,007
2022	599,82	120472,4	0,005

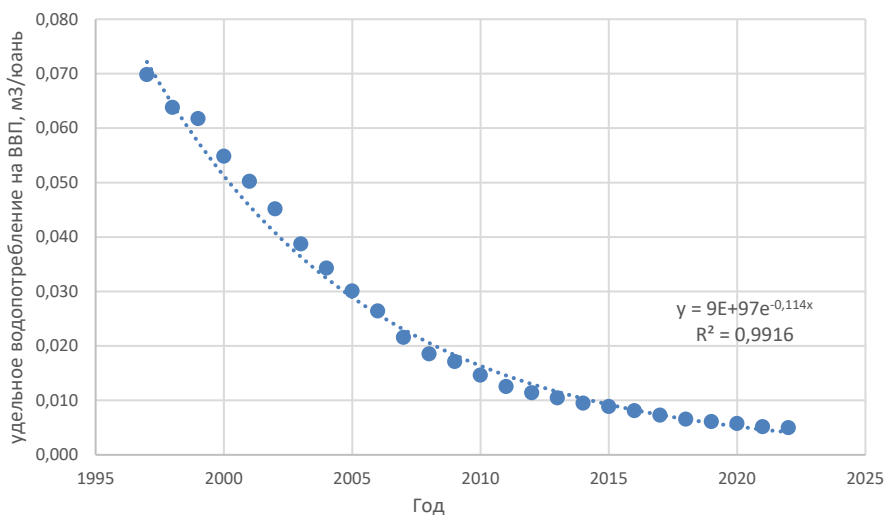


Рис. 2. Удельное водопотребление 1997–2022 гг. на единицу ВВП, м³/юань

Для определения взаимозависимости исследуемых показателей, матрица была обработана методом парного корреляционного анализа. Получено, что значимые корреляционные связи ($r \geq 0,7$) ожидаемо обнаружены между показателями средних годовых осадков (X1), питающими ресурсы поверхностных (X2) и подземных вод (X3), а также валовыми объемами водных ресурсов страны (X4). Водопотребление в стране (X5) значимо связано с ВВП страны (X6), а также поддерживает коммунальные услуги (X8), сельское хозяйство (X9) и производство сельскохозяйственной продукции в целом (X10). На ВВП (X6), помимо указанного выше объема водопотребления в стране (X5) значимо положительно влияет водопотребление в коммунальном хозяйстве (X8), вероятно, за счет цен на централизованное водоснабжение, активно развиваемого в последние годы за счет урбанизации, и объем сельскохозяйственного производства (X10). При этом, сельское хозяйство в 2023 г. принесло в бюджет страны всего 7%, хотя в 2001 г. сельскохозяйственное производство составляло 17% ВВП. Значимо коррелируют переменные (X8) водопотребление в коммунальном хозяйстве и (x10) суммарное количество произведенной сельскохозяйственной продукции, вероятно за счет мелкого фермерского производителя, потребляющего на орошение воды коммунального отведения. Это линейная корреляция ($r=0,95$). Не отмечена ожидаемая положительная корреляция между суммарным количеством произведенной сельскохозяйственной продукции (X10) и площадью сельскохозяйственных земель (X11): данная корреляция не является значимой, так как ее вес в матрице оказался среднестатистическим ($r=0,50$). Следовательно, прирост объемов сельскохозяйственной продукции с 1997 по 2022 г. идет не за счет распахки новых земель, а за счет интенсификации сельскохозяйственного производства. Переменная (X7) — водопотребление в промышленности, так же как и (X9) —

водопотребление в сельском хозяйстве (млрд м³) также не дали значимых корреляций ни с одной из переменных.

Для количественного обоснования фактора-инварианта, как показателя устойчивости природно-хозяйственной системы КНР, исходная матрица была обработана с помощью факторного анализа методом главных компонент. В результате трех вращений исходной матрицы данных получено два основных фактора.

Нагрузка переменных в Фактор № 1 составила 34,64%. Анализируя список переменных, вошедших в данный фактор: X5 — водопотребление в стране (млрд. м³), X6 — ВВП (млрд. ю), X8 — водопотребление в коммунальном хозяйстве (млрд. м³) и X10 — суммарное количество произведенной сельскохозяйственной продукции (млрд. ю) его можно определить, как Фактор водопотребления, обеспечивающего экономическую устойчивость и стратегическую безопасность страны в сфере основных жизненных потребностей населения.

Фактор № 2, имеет несколько меньшую, по сравнению с Фактором 1 дисперсионную нагрузку на факторную матрицу: 34,41%. Учитывая смысл переменных, вошедших в данный фактор: X1 — среднегодовые осадки (мм), X2 — ресурсы поверхностных вод (млрд. м³), X3 — ресурсы подземных вод (млрд. м³), X4 — суммарный объем водных ресурсов (млрд. м³) его можно охарактеризовать, как Фактор обеспеченности страны природными водными ресурсами. При этом, оба фактора имеют практически равные нагрузки на факторную матрицу, что подтверждает их тесную связь и взаимозависимость, а также равную значимость в структуре хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения страны.

Кластерный анализ, помогающий лучше понять структуру данных и взаимоотношения между переменными в рассматриваемом наборе, подтвердил значимость для ВВП Китая всех исследуемых переменных, на которые ВВП «опирается», то есть, значимо коррелируется как в корреляционной, так и в факторной матрицах.

Выводы

1. Анализ данных методом парного корреляционного показал, что на ВВП страны, помимо общего объема водопотребления значимо положительно влияет водопотребление в коммунальном хозяйстве и объем сельскохозяйственного производства.

2. Факторный анализ переменных методом главных компонент показал, что оба полученных фактора «Фактор водопотребления, обеспечивающего экономическую устойчивость и стратегическую безопасность страны в сфере основных жизненных потребностей населения» и «Фактор обеспеченности страны природными водными ресурсами» имеют практически равные дисперсионные нагрузки на факторную матрицу, что подтверждает их тесную связь и взаимозависимость, а также равную значимость в структуре хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения Китая.

3. Эффективным на ближайшее будущее решением роста водопотребления может стать активизация разведки доступных подземных вод. Можно получить с помощью атомных электростанций, построенных на берегах морей КНР и служащих для

опреснения морской воды. В качестве паллиативной меры можно использовать опреснители, работающие от солнца.

Литература

1. 齐学斌. 加强农业水资源配置与利用研究, 为粮食安全及水安全提供坚强支撑 [Ци Сюэбин. Усиление исследований по распределению и использованию воды в сельском хозяйстве для обеспечения надежной поддержки продовольственной и водной безопасности] // 灌溉排水学报, 2022, 41 (08) [Ирригация и дренаж. 2022. 41(08):2].
2. 国家统计局 [Национальное бюро статистики КНР]. URL: <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01> (дата обращения: 21.06.2024).
3. 水资源管理网 [Сеть управления водными ресурсами КНР]. URL: <http://szy.mwr.gov.cn> (дата обращения: 21.06.2024).
4. FAOSTAT. URL: <https://www.fao.org/statistics/en/> (дата обращения: 21.06.2024).

N. Yu. Klyukin¹, N. N. Mitina², Zhou Chaoying²

CONSEQUENCES OF THE 'LIMIT TO GROWTH' OF WATER CONSUMPTION FOR THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF CHINA

¹ООО Miosoft, Moscow

²Lomonosov Moscow State University

natalia_mitina@mail.ru

The aim of the work is to determine the impact of the dynamics of the available quantity and consumption of water resources on the economic activity of China. To achieve this goal, the following tasks were solved in the work: using the methods of mathematical statistics, the mutual influence of a number of basic average annual hydrological and economic indicators was determined, and the possible minimum amount of water required for the production of a unit of output was estimated. The matrix of 15 average annual indicators from 1997 to 2023 was analyzed, including information on water consumption in public utilities, industrial and agricultural production, the country's water resources and a number of key economic indicators of China. It was found that during the period under study, China's GDP grew more than 15.8 times, while total water consumption remained virtually unchanged, indicating enormous efforts aimed at water conservation in all areas of the country's economic activity and impressive results achieved in this area.

Е. Г. Кольмакова
**СОВРЕМЕННЫЕ РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ В БЕЛОРУССКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

Белорусский государственный университет
kalmakova@bsu.by

В статье приводится краткий обзор региональных географических исследований, проводимых учеными факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета. Отражена тематика, международные партнеры и краткая аннотация основных научных результатов репрезентативных научных проектов за последнее десятилетие.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_18

Факультет географии и геоинформатики Белорусского государственного университета — ведущий фундаментальный научно-образовательный центр непрерывного географического образования и географических научных исследований в Республике Беларусь. С момента основания в 1934 году, на его базе сформировалось четыре научные школы (в области почвоведения, геоэкологии и ландшафтоведения, социально-экономической географии и лимнологии) и закладывается ряд новых научных направлений — по эволюционной географии, геоинформационным системам, космоаэрокартографии и др. Сегодня учеными факультета географии и геоинформатики БГУ выполняется ряд научных проектов в данных областях, тематика и основные результаты основных из них представлена ниже.

НИР «Оценить влияние климатических изменений на почвы сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья и предложить комплекс научно обоснованных практических мероприятий по смягчению их негативных последствий» (науч. рук. к. с.-х. н. В. М. Яцухно). Выполнен анализ пространственно-временного проявления почвенных засух на сельскохозяйственных землях Белорусского Полесья, обусловленных потеплением климата за 1989–2018 гг., оценка динамики влагообеспеченности почв в слое 0–20 см и определена степень их уязвимости к засухам. Составлена серия карт степени уязвимости почв сельскохозяйственных земель к засухам в Белорусском Полесье на уровне административных районов и сельскохозяйственных организаций¹.

НИР «Эколого-экономическая оценка деградации земель в целях научного обоснования и разработки территориально-организационных мероприятий по их улучшению и охране» (науч. рук. к. с.-х. н. В. М. Яцухно). Выполнена эколого-экономическая оценка деградируемых земель, включая почвы, для исчисления размера ущерба, нанесен-

¹ Оценить влияние климатических изменений на почвы сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья и предложить комплекс научно обоснованных практических мероприятий по смягчению их негативных последствий : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / М-во образования РБ, БГУ ; науч. рук. Яцухно В. М. Минск, 2020. 128 с. № ГР 20200188.

ного водной и ветровой эрозией почв, с учетом потери или снижения продуктивности земель и предоставляемых экосистемных услуг; составлены картосхемы административных районов Беларуси и их группировка по величинам потерь чистого дохода².

НИР «Оценить средоформирующие функции и экологические риски городских ландшафтов, предложить меры по их оптимизации (на примере промышленных центров Беларуси)» (науч. рук. к. г. н. И. И. Счастливая). Новые научные результаты: разработана типология и классификация городских ландшафтов промышленных городов, созданы карты урболандшафтов; выявлены факторы влияния на тепловое и химическое загрязнение городской среды с использованием материалов дистанционного зондирования; оценены уровни теплового загрязнения и геохимического состояния городских ландшафтов; оценены средоформирующие функции, экологическое состояние и экосистемные услуги зеленых насаждений урболандшафтов; выявлены и оценены экологические риски урболандшафтов ряда крупных промышленных городов³.

Комплекс проектов по созданию цифровых карт редких и типичных природных ландшафтов ГПУ «Национальный парк «Нарочанский», «Национальный парк «Беловежская пуща», «Национальный парк «Припятский», «Национальный парк «Браславские озера», «Березинский биосферный заповедник» (науч. рук. к. г. н. Н. В. Гагина). В НИР разработана методика цифрового картографирования редких и типичных природных ландшафтов на основе ГИС-технологий. База геоданных включает границы ООПТ, гидрографическую сеть, цифровые карты четвертичных отложений, рельефа, почв, растительности, ландшафтов. Тематические слои цифровых карт отражают распространение редких и типичных ландшафтов, выделенных в ранге рода и вида, редких субдоминантных ландшафтных комплексов⁴.

НИР «Разработать классификацию и типологию культурных ландшафтов Беларуси для сохранения природного и историко-культурного наследия» (науч. рук. к. г. н. Н. В. Гагина). Разработана методика исследований культурных ландшафтов как объектов сохранения природного и историко-культурного наследия; создана в ГИС-среде база данных в границах природных ландшафтных районов; выполнена классификация объектов природного и историко-культурного наследия; выполнено мультимасштабное культурно-ландшафтное районирование Беларуси: на региональном уровне в границах ландшафтных провинций, на локальном — для ключевых районов⁵.

² Эколого-экономическая оценка деградации земель в целях научного обоснования и разработки территориально-организационных мероприятий по их улучшению и охране : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / М-во образования РБ, БГУ ; науч. рук. Яцухно В. М. Минск, 2018. 70 с. № ГР 20161271.

³ Оценить средоформирующие функции и экологические риски городских ландшафтов, предложить меры по их оптимизации (на примере промышленных центров Беларуси) : отчет о научно-исследовательской работе (промежуточный) / М-во образования РБ, БГУ ; науч. рук. И. И. Счастливая. Минск, 2023. 82 с. № ГР 20211656.

⁴ Создание цифровых карт ландшафтов, редких и типичных природных ландшафтов ГПУ «Национальный парк «Браславские озера» : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / М-во образования РБ, БГУ ; науч. рук. Н. В. Гагина. Минск, 2019. 48 с. № ГР 20192547.

⁵ Разработать классификацию и типологию культурных ландшафтов Беларуси для сохранения природного и историко-культурного наследия : отчет о научно-исследовательской работе (промежуточный) / М-во образования РБ, БГУ ; науч. рук. С. И. Кузьмин. Минск, 2023. 50 с. № ГР 20211578.

НИР «Разработать концепцию и комплекс практических мероприятий по созданию геопарков на основе оценки ресурсов георазнообразия национальных парков «Нарочанский» приведение его в соответствие с критериями к глобальным геопаркам ЮНЕСКО» (науч. рук. д. г. н. Б. П. Власов). Основная цель — разработать концепцию создания национального геопарка ГПУ «НП «Браславские озера» и ГПУ «НП «Нарочанский», программу и комплекс практических мероприятий по приведению в соответствие международным требованиям к глобальным геопаркам ЮНЕСКО⁶.

НИР «Разработка стратегии развития экологического туризма для заказника республиканского значения «Выдрица» (науч. рук. к. г. н. Н. Ю. Суховило). В результате работы оценен природно-ресурсный и социально-экономический потенциал заказника республиканского значения «Выдрица», оценены экологические туристские продукты заказника «Выдрица», разработана концепция брендинга экологического туризма в заказнике, выполнен анализ антропогенной нагрузки на его экосистемы⁷.

НИР «Оценить загрязнение тяжёлыми металлами донных отложений и высшей водной растительности, разработать нормативы их загрязнения для определения экологического статуса рек и озёр Беларуси» (науч. рук. д. г. н. Б. П. Власов). Определены критерии и методы оценки загрязнения тяжёлыми металлами донных отложений и высшей водной растительности водоемов и водотоков, выполнены расчеты индексов загрязнения донных осадков и макрофитов на точках опробования водных объектов, составлены картосхемы загрязнения донных отложений и высшей водной растительности рек и озёр Беларуси тяжёлыми металлами. Для участков произрастания макрофитов определен уровень загрязненности донных отложений тяжёлыми металлами и индекс суммарного загрязнения⁸.

НИР «Комплексная оценка состояния экосистемы озера Лукомское в условиях эксплуатации его как водоема-охладителя с использованием ПГУ» (науч. рук. к. г. н. П. А. Митрахович, д. г. н. Б. П. Власов). Выполнены многолетние мониторинговые исследования экосистемы водоема-охладителя Лукомской ГРЭС. Исследования гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических параметров позволили оценить современное состояние и тенденции изменения элементов экосистемы. Для снижения негативных последствий эвтрофирования разработана принципиальная схема восстановления водоема-охладителя⁹.

⁶ Разработать концепцию и комплекс практических мероприятий по созданию геопарков на основе оценки ресурсов георазнообразия национальных парков «Нарочанский» приведение его в соответствие с критериями к глобальным геопаркам ЮНЕСКО : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / М-во образования РБ, БГУ ; науч. рук. Б. П. Власов. Минск, 2023. 34 с. № ГР 20213763.

⁷ Разработка стратегии развития экологического туризма для заказника республиканского значения «Выдрица» : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / М-во образования РБ, БГУ ; науч. рук. Суховило Н. Ю. Минск, 2023. 54 с. № ГР 20231240.

⁸ Оценить загрязнение тяжёлыми металлами донных отложений и высшей водной растительности рек и озёр Беларуси для определения их экологического статуса : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / М-во образования РБ, БГУ ; науч. рук. Б. П. Власов. Минск, 2020. 104 с. № ГР 20190753.

⁹ Комплексная оценка состояния экосистемы озера Лукомское в условиях эксплуатации его как водоема-охладителя с использованием ПГУ : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / М-во образования РБ, БГУ ; науч. рук. Б. П. Власов. Минск, 2020. 67 с. № ГР 20191812.

НИР «Разработка методологии инвентаризации почвенно-земельных ресурсов с оценкой их агроэкологического состояния для обоснования нормативных требований к использованию в разных почвенно-экологических условиях Беларуси с применением ГИС-технологий» (науч. рук. к. с.-х. н. А. Н. Червань). Результаты агроэкологической оценки почвенно-земельных ресурсов являются информационным научным обоснованием корректной группировки сельскохозяйственных организаций и разработки для них типовых схем оптимизации землепользования¹⁰.

Грант БРФФИ — РФФИ «Многолетние и сезонные особенности изменения климата и их экстремальных проявлений на территории России и Беларуси» (партнер — Приволжский федеральный университет, науч. рук. — д. г. н. П. С. Лопух (БГУ), д. г. н. Ю. П. Переведенцев (ПФУ)). Проведен статистический и численный анализ параметров окружающей среды, построены алгоритмы взаимодействия геофизических параметров. С использованием численных моделей атмосферы проанализировано влияние крупных неблагоприятных климатических явлений и разработаны методы по минимизации ущерба от них¹¹.

Грант БРФФИ — НФЕНК «Численный анализ гидрологических процессов в современных климатических условиях для типичных сухих и влажных регионов (на примере КНР и Беларуси)» (партнер — Институт географических исследований природных ресурсов академии наук КНР, науч. рук. — к. г. н. Ю. А. Гледко (БГУ), проф. Ван Пин (КНР), 2024–2026). На 1-м этапе создана база данных, и выполнен анализ ежедневных данных температуры воздуха, атмосферного давления, облачности и осадков на метеорологических станциях Беларуси и Китая, а также данных расхода воды на гидрологических постах Беларуси¹².

Грант БРФФИ — РГНФ «Демографическое старение России и Беларуси: оценка масштабов и социально-экономических последствий» (партнер — Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, науч. рук. — д. г. н. Е. А. Антипова (БГУ), к. г. н. З. А. Трифонова (ЧГУ), 2016–2018). В результате исследования разработаны теоретико-методологические основы экономико-географического анализа демографического старения; проведен сравнительно-географический анализ факторов, стадий и масштабов старения между регионами России и Беларуси; исследована структура старения; научно обоснованы и предложены рекомендации демографической политики Республики Беларусь с учетом выявленных пространственных тенденций старения [1].

¹⁰ Разработка методологии инвентаризации почвенно-земельных ресурсов с оценкой их агроэкологического состояния для обоснования нормативных требований к использованию в разных почвенно-экологических условиях Беларуси с применением ГИС-технологий : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / РУП «Институт почвоведения и агрохимии», Национальная академия наук Беларуси ; науч. рук. Черныш А. Ф., Червань А. Н. Минск, 2015. 76 с. № ГР 20140372.

¹¹ Многолетние и сезонные особенности изменения климата и их экстремальных проявлений на территории России и Беларуси : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / М-во образования РБ, БГУ ; науч. рук. П. С. Лопух. Минск : БГУ, 2022. 133 с. № ГР 20201305.

¹² Численный анализ гидрологических процессов в современных климатических условиях для типичных сухих и влажных регионов (на примере КНР и Беларуси) : отчет о научно-исследовательской работе (промежуточный) / М-во образования РБ, БГУ ; науч. рук. Ю. А. Гледко. Минск : БГУ, 2024. 17 с. № ГР 20240764.

Проект БРФФИ — РФФИ «Межстоличье как фактор социально-экономического развития российско-белорусского приграничья» (партнер — Смоленский государственный университет, науч. рук. — д. г. н. Е. А. Антипова (БГУ), д. г. н. А. П. Катровский (СГУ), 2021–2022). Выполнена количественная оценка потенциала экономико-географического положения и территориального неравенства по уровню социально-экономического развития межстоличных районов российско-белорусского приграничья, что позволило установить, что межстоличность географического положения слабо влияет на производственно-экономический потенциал районов белорусско-российского приграничья и ограниченно способствует их успешному дальнейшему развитию¹³.

Международный проект «Belarus in Maps» (партнеры — Венгерская Академия наук, Институт географии, Исследовательский центр астрономии и наук о Земле и Институт природопользования НАН Беларуси, координатор от РБ — д. г. н. Е. А. Антипова, 2013–2017). Цель: создание справочно-информационно-картографического издания «Belarus in Maps» на английском языке, отражающего исторические, природно-географические, демографические, социально-экономические и экологические характеристики Республики Беларусь [8].

НИР «Экономико-географическая динамика Республики Беларусь в контексте новой парадигмы регионального развития и глобальных трансформаций» (науч. рук. д. г. н. Е. А. Антипова, 2021–2025). Проведен анализ новых сценариев демографического развития. Проведена оценка экономико-географической динамики сферы услуг страны. Новизна НИР заключается в формировании теоретико-методологического алгоритма оценки региональной демографической безопасности и разработке на его основе с учетом международного опыта региональных стратегий. Впервые в Республике Беларусь разработана геодемографическая информационная система (ГДИС) «Демографическая безопасность регионов Беларуси» [2].

Грант БРФФИ — РФФИ «Межрегиональная пространственно-временная корреляция развития окружающей среды южной периферии Валдайского (Поозерского) оледенения в позднеледниковье и в голоцене» (партнер — Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, науч. рук. — д. г. н. Б. П. Власов (БГУ), д. г. н. Д. А. Субетто (РГПУ)). Произведено бурение и первичный анализ толщи донных отложений в окрестностях озера Зароновское Витебского района Витебской области с целью геохимического анализа и радиоуглеродного датирования. Выявленная корреляция палинологических данных по разрезам позволила составить схему расчленения позднеледниково-голоценовых отложений для южной периферии Валдайского (Поозерского) оледенения территории Беларуси на базе хронологической шкалы. Установлены закономерности в озерной седиментации.¹⁴

¹³ Межстоличье как фактор социально-экономического развития российско-белорусского приграничья : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / М-во образования РБ, БГУ ; науч. рук. Е. А. Антипова. Минск, 2022. 199 с. № ГР 20201372.

¹⁴ Межрегиональная пространственно-временная корреляция развития окружающей среды южной периферии Валдайского (Поозерского) оледенения в позднеледниковье и в голоцене : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / М-во образования РБ, БГУ ; науч. рук. Б. П. Власов. Минск, 2023. 112 с. № ГР 20181416.

Грант РФФИ «Исследование взаимосвязи климатических изменений в голоцене и накопления углерода в торфяных отложениях заболоченных лесов южной тайги (на примере Центрально-Лесного заповедника)» (партнер — географический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, науч. рук. — Е. Ю. Новенко (МГУ), исполнитель Н. М. Писарчук (БГУ)). В проведенном исследовании на основании изучения нового разреза (ельник сфагново-черничный) на ключевом участке в Центрально-Лесном государственном природном биосферном заповеднике выявлены взаимосвязи между изменением климата в среднем и позднем голоцене и развитием ельников. На основе данных спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования торфяных отложений восстановлена история смен растительных сообществ и климатических изменений, а также оценена интенсивность процессов заболачивания¹⁵.

Грант БРФФИ — РФФИ «Динамика ландшафтов Белорусско-Валдайского Поозерья в голоцене: роль природных и антропогенных факторов» (партнер — географический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, науч. рук. — Д. А. Куприянов (МГУ), исполнитель Н. М. Писарчук (БГУ)). В проведенном исследовании представлены результаты изучения отложений новых разрезов Шкреды (национальный парк «Себежский») и Урагово (республиканский ландшафтный заказник «Освейский») на ключевых участках, представляющим типичные геосистемы для Белорусско-Валдайского Поозерья. Впервые для Белорусско-Валдайского Поозерья выделены фазы, отражающие взаимосвязи динамики растительного покрова с лесными пожарами на протяжении последних 16 000 лет с использованием комплексного изучения болотных отложений (спорово-пыльцевой анализ, антракологический анализ, анализ потерь при прокаливании и гумификации, ботанический анализ торфа, радиоуглеродное датирование).¹⁶

Грант БРФФИ — НФЕНК «Глобально-локальная нейронная сеть на основе расчета морфометрических характеристик местности в сверхвысоком разрешении» (партнер — Хуачжунский университет науки и технологий и Уханьский университет КНР, науч. рук. — к. г. н. Д. М. Курлович (БГУ), проф. Хау Венгуанг (КНР)). По данным математического моделирования в среде ГИС с использованием нейронного алгоритма (CNN) оценена эрозионная опасность и риск подтопления почвенного покрова. Определены объемы и ареалы проявления эрозии почв на репрезентативных участках в соответствии с морфометрическими параметрами рельефа местности. Дана оценка влияния детальности цифровых моделей рельефа на результаты эрозионного моделирования с формированием соответствующих методических приемов. Результат: увеличение разрешения цифровых моделей рельефа с помощью нейронных сетей и использование результатов при математическом моделировании эрозионных процессов и под-

¹⁵ Исследование взаимосвязи климатических изменений в голоцене и накопления углерода в торфяных отложениях заболоченных лесов южной тайги (на примере Центрально-Лесного заповедника) : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / М-во образования РФ, МГУ ; науч. рук. Е. Ю. Новенко. Москва, 2016. 82 с. № ГР 15-35-50720.

¹⁶ Динамика ландшафтов Белорусско-Валдайского Поозерья в голоцене: роль природных и антропогенных факторов : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / М-во образования РФ, БГУ ; науч. рук. Н. М. Писарчук. Минск, 2023. 77 с. № ГР 20213237.

топления на сельскохозяйственных землях с учетом общих для Беларуси и Китая факторов землепользования [9].

Грант БРФФИ «Применение воздушного лазерного сканирования на базе БЛА для сохранения и изучения археологических объектов на территории Беларуси (на примере археологического наследия Полоцкой земли)» (совместно с историческим факультетом БГУ, науч. рук. к. и. н. П. С. Курлович). Выполнено лазерное сканирование на территории общей площадью около 30 000 га. Получены цифровые модели более 30 городищ и 6 курганных могильников из списка историко-культурного наследия страны. Обнаружено 2 новых городища.¹⁷

Кроме того, сотрудниками кафедры почвоведения и ГИС выполняются прикладные научно-исследовательские работы с использованием БЛА по лазерному сканированию местности для установления мест захоронений жертв геноцида белорусского народа в годы Великой Отечественной войны.

Крупнейшим научным проектом и событием в географическом мире страны стала подготовка второго издания Национального атласа Беларуси (2024) [3]. Его создание возглавлял Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь, составление карт выполнено РУП «Белкартография». Всего атлас включает более 700 карт, процент обновления по сравнению с первым изданием — более 40. Атлас содержит 20 разделов, половина из которых посвящены природе и природно-ресурсному потенциалу страны, и половина — истории и характеристике населения и хозяйства. В создании атласа принимали участие более 500 специалистов из 50 организаций. Сотрудники факультета являются авторами специального содержания более половины карт атласа.

Коллектив факультета уделяет значительное внимание интеграции географической науки и географического образования. Все школьные учебные пособия по географии в Республике Беларусь написаны сотрудниками факультета географии и геоинформатики БГУ — Е. Г. Кольмаковой, П. С. Лопухом, М. Н. Брилевским, Е. А. Антиповой, А. Н. Витченко. Автором статьи с соавторами разработаны наиболее полные учебно-методические комплексы по географии для разных классов, включающие учебные пособия, атласы, контурные карты, учебно-методические пособия и план-конспекты для учителей, опорные конспекты, тетради для практических работ и рабочие тетради для учащихся, учебные географические карты и электронные образовательные ресурсы [4–7].

Литература

1. Антипова Е. А., Трифонова З. А. Региональные различия масштабов демографического старения Беларуси и России // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2017. № 1. С. 36–49.

¹⁷ Применение воздушного лазерного сканирования на базе БЛА для сохранения и изучения археологических объектов на территории Беларуси (на примере археологического наследия Полоцкой земли) : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / М-во образования РБ, БГУ ; науч. рук. П. С. Курлович. Минск, 2023. 30 с. № ГР 20231157.

2. Антипова Е. А., Дыдышко А. В. ГИС-технологии в обеспечении региональной демографической безопасности Республики Беларусь: база данных и визуализация // Демографические факторы адаптации населения к глобальным социально-экономическим вызовам : Сборник научных статей / ред. О. А. Козлова и др. Екатеринбург : Институт экономики Уральского отделения РАН, 2023. С. 371–379.

3. Национальный Атлас Беларуси. 2-е издание. Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь : РУП «Белкартография», 2024. 348 с.

4. Кольмакова Е. Г., Пикулик В. В. География. Физическая география : учеб. пособие для 6-го кл. учреждений общ. среднего образования с рус. яз. обучения / под ред. Кольмаковой Е. Г. Минск : Народная Асвета, 2022. 188 с.

5. Кольмакова Е. Г., Лопух П. С., Сарычева О. В. География. Материки и океаны : учеб. пособие для 7-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения. Минск : Адукацыя і выхаванне, 2023. 240 с.

6. Физическая география : Атлас : учебное пособие для 6 класса учреждений общего среднего образования с русским языком обучения / РУП «Белкартография» ; авт. спец. сод. Кольмакова Е. Г. Минск, 2023. 56 с.

7. Кольмакова Е. Г., Тарасенок Е. Н., Сарычева О. В. География стран и народов в 8 классе : методическое пособие для учителя. Минск : Аверсэв, 2023. 368 с.

8. Belarus in Maps. Budapest : Geographical Institute, Research Center for Astronomy and Earth Sciences Hungarian Academy of Science, 2017. 200 p.

9. Jingxian Dong, Fang Ming, Twaha Kabika, Jiayao Jiang, Siyuan Zhang, Aliaksandr Chervan, Zhukovskaya Natallia, Wenguang Hou. Terrain Complexity and Maximal Poisson-Disk Sampling-Based Digital Elevation Model Simplification // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. January 2023. Vol. 90, No. 1, P. 13–20. DOI 10.14358/PERS.23-00023R2

A. G. Kalmakova

**MODERN REGIONAL GEOGRAPHICAL RESEARCH
AT THE BELARUSIAN STATE UNIVERSITY**

Belarusian State University
kalmakova@bsu.by

The article provides a brief overview of regional geographical research conducted by scientists from the Faculty of Geography and Geoinformatics of the Belarusian State University. The themes, international partners and brief scientific results of representative scientific projects over the last decade are reflected.

Е. А. Князева

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ: ПУТИ АДАПТАЦИИ

Московский государственный институт
международных отношений (университет) МИД России
knyazeva0302@mail.ru

Изменение климата происходит в Арктике вдвое быстрее, чем в других регионах планеты, а его последствия приводят к изменениям в уязвимых экосистемах и представляют сильную угрозу для здоровья населения. Целью представленной статьи является систематизация проблем и вызовов, связанных с воздействием климатических изменений на здоровье населения российской Арктики, а также поиск путей адаптации к этим вызовам. Задачи: 1) провести обзор научной литературы; 2) определить пути адаптации для улучшения состояния здоровья населения российской Арктики в условиях изменения климата. Материалами являются научная литература. Методами является обзор научной литературы, методы статистики, картографический метод, методы системного и структурного анализа. По результатам исследований можно сделать вывод о том, что здоровье населения Арктики стоит под угрозой вследствие изменения климата, необходимо адаптироваться к этим изменениям для смягчения воздействия на здоровье населения.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_19

Введение. Арктика является стратегически важным макрорегионом для Российской Федерации. Наряду с природным и физическим капиталом существенный вклад в национальное богатство вносит население. По оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), климатические изменения в настоящее время являются причиной примерно 150 тыс. преждевременных смертей в мире (0,3% от общего числа смертей), большую часть которых составляют смерти в Арктических регионах [8]. Это связано, в первую очередь, с тем, что здесь находятся районы проживания коренных малочисленных народов Севера, которые по-прежнему занимаются традиционным ведением хозяйства. Эти районы характеризуются высокой уязвимостью. Поэтому необходимо принять меры по адаптации для предотвращения дальнейшего ухудшения состояния здоровья населения Арктики.

Материалы и методы. В работе были использованы методы обзора научной литературы, статистические, картографические и методы системного и структурного анализа.

Результаты. Влияние природно-климатических условий Арктики на здоровье населения. Для жителей Арктики характерна специфическая форма хронического полярного напряжения, вызванная снижением резистентности организма в суровых полярных условиях. Уже в молодом возрасте возникают многочисленные заболевания, происходит преждевременное старение.

Влияние фактора суровости природно-климатических условий Арктики на организм человека носит дуалистический характер. С одной стороны, такие неблагоприятные

ятные природно-климатические факторы, как дефицит тепла и освещенности, резкая смена фотопериодичности, повышенная геомагнитная активность, перепады атмосферного давления и др. негативно сказываются на организм человека, снижая его работоспособность и продолжительность жизни, увеличивая заболеваемость и смертность [2].

Это подтверждается и официальной статистической информацией, полученной на популяционном уровне. Согласно данным Росстата, в 2021 г. уровень заболеваемости населения во всех регионах российской Арктики за исключением Красноярского края был выше среднероссийского значения (табл. 1, табл. 2). Устойчивый характер данного явления подтверждается сохранением негативной тенденции гиперзаболеваемости населения российской Арктики на протяжении всего рассматриваемого периода (с 2005 по 2021 гг.).

С другой стороны, воздействие на организм человека суровых природно-климатических условий Арктики запускает процесс адаптации. Наиболее приспособленными к проживанию в Арктике являются представители коренного малочисленного населения Севера. Морфофизиологические особенности коренного населения свидетельствуют об эволюционно выработанной адаптации к экстремальным условиям среды (увеличение теплопродукции, усиление энергетических процессов и интенсивности обмена, высокое содержание белков и жиров и низкое содержание углеводов в рационе питания и т. д.) [3;4;7].

В то же время проблемы общественного здоровья встречаются и в данной группе арктического населения. В зависимости от генезиса их можно подразделить на:

- связанные с традиционным образом жизни: травматизм (падение с нарта); недостаточное соблюдение правил личной гигиены ввиду кочевого образа жизни, употребление в пищу сырого мяса и рыбы (инфекционные и паразитарные заболевания), высокий уровень детской смертности (труднодоступность медицинской помощи);

- высокое распространение алкоголизма (из-за снижения популяционной толерантности к алкоголю, связанной с ферментной недостаточностью) и, как следствие, высокие показатели смертности;

- для северных регионов характерен повышенный уровень самоубийств. В группу территорий, где отмечен наиболее высокий уровень самоубийств, из арктических районов входят Ненецкий и Корякский АО, где величина превышает средний показатель по стране почти в 5 раз. Это связано с суровыми климатическими условиями, неразвитой инфраструктурой, отсутствием культурной жизни, монотонностью обстановки, изолированностью от других поселений [1].

Влияние изменения климата на здоровье населения Арктики. Климат в Арктическом регионе по сравнению с другими частями мира изменяется наиболее выражено. На сегодняшний день средняя температура воздуха в Арктических регионах составляет на 2–3°C выше нормы. Так, например, в Ненецком АО в 2020 г., среднегодовая температура воздуха составила –0,6°C, что на 2,7°C выше среднегодовой нормы [6]. Вследствие повышения глобальной температуры происходит множество изменений в уяз-

Таблица 1

Заболеваемость населения регионов российской Арктики (на 1 000 человек населения, зарегистрировано заболеваний у пациентов с диагнозом, установленным впервые в жизни)¹

	Республика Карелия	Республика Коми	Архангельская область	Ненецкий АО	Мурманская область	Ямало-Ненецкий АО
2005	1027,1	960,4	903	132,4	799,3	1178
2006	1046,7	966,3	967,9	1765,1	844,2	1171
2007	1027,7	989,1	952,2	1752	852,4	1155,8
2008	1055,2	986,4	983,8	1746,7	853,1	1179,7
2009	1108,3	1023,1	1006,4	1886,8	894,3	1167,4
2010	1078,8	1035,2	1021,4	1813,8	891,9	1151,5
2011	1100,9	1047,2	1036,3	1750,4	851,2	1180,7
2012	1076,1	1053,5	1042,3	1752	853,3	1122,1
2013	1115,4	1047,4	1008,6	1573,1	896,7	1191,9
2014	1113,8	1054,8	991,3	1436,8	850,3	1132,1
2015	1114,3	1072	1015,9	1421,4	835,5	1096,9
2016	1126,2	1121,2	1002,2	1380,7	875,8	1180,4
2017	1175,1	1158,5	998,5	1361	825,3	1224,4
2018	1173	1119,8	1004,9	1369,8	831,9	1272
2019	1165,7	1082	980,2	1386,1	823,1	1291,9
2020	1067,7	924,3	945,6	1179	783,1	1249,4
2021	1246,9	1043,8	1028	1188	920,2	1308,4

вимых экосистемах, что ведет к ухудшению как физического, так и психического здоровья человека. Рассмотрим некоторые из таких последствий:

- таяние вечной мерзлоты и ледников может привести к тому, что место тундры займет тайга. С эпидемиологической точки зрения это означает возможность расширения ареалов переносчиков и возбудителей инфекционных заболеваний, например, грызунов (туляремия), клещей (клещевой энцефалит), комаров (лихорадка Западного Нила, малярия). Возможно заражение человека через пищу (ботулизм, паразитоз, псевдотуберкулез, сибирская язва). В результате прямого контакта с зараженными животными или через водные объекты (лептоспироз, листериоз). Изменение путей миграции птиц также ведет к распространению тропических лихорадок. Распространение возбудителей инфекционных заболеваний происходит также при выпуске кораблями балластных вод.

- таяние ледников и перемены в количестве осадков является одним из факторов риска наводнений, которые приводят к загрязнению источников питьевого водоснабжения опасными химическими веществами, что ведет к увеличению острых кишечных заболеваний. А также таяние мерзлоты происходит повреждение жизнеобеспечивающих инженерных коммуникаций населенных мест (доступ к чистой воде) и систем канализаций, что является дополнительным фактором риска распространения кишечных инфекций.

¹ Составлено по: Регионы России. Социально экономические показатели. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 27.10.2024).

Таблица 2

Заболеваемость населения регионов российской Арктики (на 1 000 человек населения, зарегистрировано заболеваний у пациентов с диагнозом, установленным впервые в жизни)²

	Красноярский край	Республика Саха (Якутия)	Чукотский АО	Российская Федерация
2005	752,7	881,7	1189,1	743,7
2006	773	951,8	1149	760,9
2007	806,7	933,1	1117,9	767,3
2008	801,6	978,9	1110,9	767,7
2009	835	1006,7	1142,9	797,5
2010	813,3	1023,4	1213,5	780
2011	831,3	1047,4	1246,8	796,9
2012	825,8	1066,5	1172,5	793,9
2013	807,9	1107	1122,8	799,4
2014	804,8	1098,1	1025,2	787,1
2015	784,9	1026,6	1076,3	778,2
2016	783,1	1043,8	1289,4	785,3
2017	795,6	1021,1	1342,9	778,9
2018	790,6	1015,3	1278,3	782,1
2019	773,3	1032,9	1149,2	780,2
2020	776,6	899,6	1182,2	759,9
2021	852,4	1053,8	1189,2	857,1

- деградация вечной мерзлоты в зонах расположения хранилищ радиоактивных отходов может привести к расконсервации старых источников захоронения опасных химических веществ. А также при таянии ледников и вечной мерзлоты происходит высвобождение стойких органических загрязнителей, которые годами накапливались на этих территориях.

- таяние вечной мерзлоты является причиной повреждения фундаментов зданий, что оказывает влияние на ухудшение качества жизни населения.

- истончение льда приводит к дополнительным случаям травматизма и смертям. Также этот фактор затрудняет промысел морских животных, а, следовательно, приводит к трудностям традиционного добывания пищи.

- увеличение числа аномальных погодных явлений приводит к затруднениям транспортных связей. Население оказывается изолированным на длительное время, что также может приводить к социальному стрессу и психическим расстройствам.

- повышение средней температуры приводит к резкому увеличению числа сердечно-сосудистых заболеваний и процента смертности среди коренного населения Севера.

- опасность представляют снежные лавины, половодье, наводнения, следствиями которых являются смертельные исходы, травмы, посттравматический шок, психологические нарушения.

² Составлено по: Регионы России. Социально экономические показатели. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 27.10.2024).

- эрозия и таяние мерзлоты приводят к вынужденному переселению групп населения вследствие разрушения поселений, изменениям численности популяций диких животных, лишаящие группу возможности охотиться на традиционные виды, могут вызвать утрату традиций и, в свою очередь, быть причиной психических расстройств [1].

Пути адаптации к климатическим изменениям в Арктических регионах. Основными целями плана действий по адаптации к уже имеющимся изменениям и по предотвращению ухудшения ситуации являются:

- 1) Усиление работы по оценке эпидемиологической ситуации, по выявлению наиболее уязвимых регионов и групп населения.
- 2) Ужесточение государственного санитарно-эпидемиологического надзора за санитарным обустройством в населенных пунктах Арктики.
- 3) Разработка рекомендации и планов действий по защите населения от последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с изменениями климата.
- 4) Развитие системы информирования населения Арктики о существующих рисках здоровью и возможностях их минимизации.
- 5) Максимальное сохранение и поддержание традиционного образа жизни малых коренных народов Севера.
- 6) Активное развитие телемедицины.
- 7) Внедрение инновационных технологий, таких как устойчивые к низким температурам материалы, энергоэффективные системы отопления и освещения, а также технологии очистки воды и воздуха.
- 8) Развитие системы отдыха и санаторного лечения внутри арктических регионов.
- 9) Развитие северной (арктической) медицины и подготовка медицинских специалистов по программам обучения ориентирующимся на коренное и пришлое население Арктических регионов.
- 10) Расширение международного сотрудничества по оценке воздействий изменений климата на состояние здоровья населения Арктики [5].

Заключение. Таким образом, на основе критического анализа научной литературы и официальной статистической информации автором систематизированы основные проблемы и вызовы, связанные с воздействием на здоровье населения российской Арктики суровых природно-климатических условий. Определен дуалистический характер данного воздействия, заключающийся с одной стороны в снижении продолжительности жизни, увеличении заболеваемости и смертности населения арктических территории, а с другой — в запуске процесса адаптации к экстремальным условиям Арктики.

Выделены основные цели плана действий по адаптации к уже имеющимся изменениям и по предотвращению ухудшения ситуации влияния климатических изменений на здоровье населения российской Арктики.

Литература

1. Влияние глобальных климатических изменений на здоровье населения российской Арктики / ООН ; руководитель авторского коллектива Ревич Борис Александрович, д. м. н., профессор, член Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Москва, 2008. 17 с.
2. Депутат И. С., Дерябина И. Н., Нехорошкова А. Н., Грибанов А. В. Влияние климатоэкологических условий Севера на процессы старения // Журнал медико-биологических исследований. 2017. Т. 5, № 3. С. 5–17. DOI 10.17238/issn2542-1298.2017.5.3.5
3. Казначеев В. П. Современные аспекты адаптации : монография. Новосибирск : Наука, 1980. 191 с.
4. Nikiforova V. A., Kudashkin V. A., Kiryutkin S. A. History of Studying the Problem of Adaptation of the Indigenous Small Peoples of the North to Natural Environmental Conditions // Issues of Social-Economic Development of Siberia. 2021. No. 1 (43). P. 139–142.
5. Проворова А. А., Смиреникова Е. В., Уханова А. В. Здоровье населения российской Арктики: проблемы, вызовы и пути их решения // Арктика и Север. 2024. № 55. С. 161–181. DOI 10.37482/issn2221-2698.2024.55.161
6. Тренды охраны природы и рационального природопользования в регионах Российской Арктики на основе идеологии устойчивого развития : [гл. 8–16] / под общей редакцией Н. Е. Рязановой. Москва : МГИМО-Университет, 2022. 464 с.
7. Щеголева О. Е., Меньшикова М. В., Айвазова М. С., Шашкова Е. Ю., Михайлова Т. Б. Состояние иммунного гомеостаза у молодых лиц с манифестными формами экологически зависимых иммунодефицитов на европейском Севере // Экология человека. 2010. № 5. С. 35–41.
8. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability : Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate / IPCC. Cambridge, UK : Cambridge University Press, 2022.

E. A. Knyazeva

**THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE HEALTH
OF THE POPULATION OF THE RUSSIAN ARCTIC:
WAYS OF ADAPTATION**

*Moscow State Institute of International Relations (University)
of the Ministry of Foreign Affairs of Russia
knyazeva0302@mail.ru*

Climate change is occurring in the Arctic twice as fast as in other regions of the planet, and its consequences are leading to changes in vulnerable ecosystems and posing a strong threat to public health. The aim of the presented article is to systematize the problems and challenges related to the impact of climate change on public health in the Russian Arctic and to find ways to adapt to these challenges. Objectives: 1) to conduct a review of scientific literature; 2) to identify ways of adaptation to improve the health of the population of the Russian Arctic in the context of climate change. The materials are scientific literature. Methods are a review of scientific literature, statistical methods, cartographic method, methods of system and structural analysis. According to the results of the research, it can be concluded that the health of the population of the Arctic is threatened by climate change, it is necessary to adapt to these changes to mitigate the impact on the health of the population.

А. А. Горенкова
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
В СТРАНАХ БРИКС

Московский государственный институт
международных отношений (университет) МИД РФ
alenagorenkovaa@gmail.com

Водородная энергетика является перспективным направлением развития в условиях глобальных климатических изменений, так как при сжигании водорода не образуется выбросов парниковых газов. Для широкого распространения этого источника энергии необходима оценка преимуществ, препятствий и перспектив в отдельных регионах с учетом современного уровня развития энергетики в исследуемых странах. Страны, входящие в состав БРИКС, являются одними из крупнейших производителей и потребителей энергии, в связи с чем необходима экологизация данной отрасли. Целью представленной статьи является систематизация вызовов и возможностей, связанных с развитием водородной энергетики в странах БРИКС, а также поиск возможных решений. Материалами является российская и зарубежная научная литература, отчеты и документы международных организаций. Методами являются обзор научной литературы, методы системного и структурного анализа. Результатами исследования являются характеристика водородной энергетики в странах БРИКС и перспектив ее развития, описание основных проблем и вызовов, связанных с производством различных видов водородного топлива, а также возможные пути решения.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_20

Введение. Усиление процессов изменения климата и нарастания негативных последствий как для природы, так и для человеческого общества, обуславливает необходимость сокращения выбросов парниковых газов. Одной из самых углеродоемких отраслей экономики является энергетика: выбросы парниковых газов связаны со сжиганием ископаемого топлива (угля, нефти, природного газа). Для снижения антропогенного воздействия на климатическую систему необходимо развитие альтернативной энергетики. Перспективное направление — водородная энергетика, которая при соблюдении экологических требований может способствовать не только решению проблем изменения климата, но и обеспечению энергетической безопасности.

Материалы и методы. Анализ российской и зарубежной научной литературы, отчетов и документов международных организаций — Международного энергетического агентства, Европейской экономической комиссии Организации Объединенный Наций (далее — ЕЭК ООН)).

Классификация водородного топлива по методу получения. Существуют различные варианты классификаций водорода по цветам. Например, желтый водород в некоторых источниках определяется как полученный методом электролиза на основе атомной энергии, а в нижеизложенной системе этот вид водорода характеризуется как производство путем термохимического цикла (также с использованием АЭС). Учет возможностей применения термохимических циклов в производстве водорода делает такую классификацию одной из наиболее полных среди существующих.

Виды водорода согласно Европейской экономической комиссии (ЕЭК) ООН¹:

1. Черный, или коричневый водород — газификация угля.
2. Серый водород — риформинг (паровая конверсия) метана, электролиз на основе невозобновляемой энергии.
3. Голубой, или синий водород — газификация угля или риформинг метана с применением технологий улавливания и хранения углерода (Carbon Capture, Utilisation and Storage; далее — CCUS).
4. Бирюзовый водород — получение посредством пиролиза метана.
5. Желтый водород — термохимический цикл (пример — серно-йодный цикл) на основе атомной энергии.
6. Розовый водород — электролиз на основе атомной энергии.
7. Зеленый водород — электролиз на основе возобновляемой энергии (включая энергию биомасс).

Традиционные способы получения водорода — газификация угля и риформинг метана — сопровождаются значительными объемами выбросов парниковых газов (1 кг водорода, получаемого с помощью парового риформинга природного газа, сопровождается образованием порядка 9 кг CO₂-эквивалента («well-to-gate» охват)², а также негативным воздействием на окружающую среду в процессе добычи сырья: влияют на сокращение природных ресурсов, деградацию экосистем и потерю местообитаний живых организмов.

Сократить углеродный след такого производства возможно с помощью применений CCUS — голубой водород. Для распространения данного метода необходимы разработка и промышленное внедрение технологий CCUS.

При пиролизе метана образуется газообразный водород и углерод в твердой форме, то есть выбросы парниковых газов отсутствуют. Недостатком такого способа являются, как и предыдущих, негативные последствия процесса добычи природного газа для экосистем.

Производство с использованием ядерной энергии характеризуется отсутствием выбросов парниковых газов, но в случае с термохимическими циклами крупномасштабное производство потребует значительного прогресса в материалах, которые могут выдерживать высокие температуры, высокое давление и сильно коррозионные среды. Помимо технологических сложностей, применение атомной энергии в производстве водорода также создает существенные риски как для АЭС, так и для предприятий, производящих водород.

Зеленый водород — наиболее экологичный и безопасный способ производства низкоуглеродного водорода за счет электролиза воды. В процессе реакции вода, под

¹ A comprehensive and science-based terminology, classification and taxonomy for hydrogen / UNECE. URL: <https://unece.org/sed/documents/2022/07/working-documents/comprehensive-and-science-based-terminology-classification> (дата обращения: 11.11.2024).

² A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe : Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions / European Commission. Brussels, 8.7.2020. COM(2020) 301 final. URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf (дата обращения: 11.11.2024).

действием электрического тока, превращается в кислород и водород. Такой способ не сопровождается выбросами парниковых газов, минимизирует разрушение экосистем и является более безопасным и эффективным, чем традиционное использование возобновляемых источников энергии (далее — ВИЭ). Недостатком зеленого водорода является дорогостоящее производство, в основном обусловленное стоимостью электролизеров и возобновляемой энергии. Однако при учете экономической стоимости природы (включая природные ресурсы и экосистемные услуги) производство зеленого водорода обойдется дешевле, чем традиционные способы, так как негативное воздействие на экосистемы минимизируется. Таким образом, для роста значимости зеленого водорода на мировом рынке необходима экономическая оценка природы, повышение ее экономической ценности, что возможно при углубленном исследовании выгод от природных ресурсов и услуг [1].

Возможности для использования водорода. Водород имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами ВИЭ, такими как солнечные или ветровые электростанции. Способность водорода и его производных храниться в специальных условиях неограниченно долго позволит сбалансировать неравномерное производство и потребление энергии, обеспечить энергетическую безопасность осенью и зимой, когда потенциал использования солнечных или ветровых электростанций снижается, а также водородное топливо может стать альтернативой для тяжелого транспорта (самолеты, корабли, грузовые автомобили), так как аккумуляторных мощностей для длительных расстояний недостаточно. Помимо энергетики и транспорта, использование водорода может способствовать экологизации других отраслей:

- металлургия — сталелитейная промышленность (замена коксующегося угля на водород позволит не только сократить выбросы парниковых газов, но и снизить загрязнение среды, в особенности воздуха, что существенно улучшит здоровье и благополучие населения, проживающего в промышленных районах) [7]
- нефтеперерабатывающая промышленность (водород необходим для гидроочистки, гидроизомеризации, гидрокрекинга, поэтому использование низкоуглеродного водорода вместо серого или черного позволит существенно сократить углеродоемкость данной отрасли)
- химическая промышленность — производство метанола, аммиака и азотных удобрений (как и в нефтеперерабатывающей промышленности, водород является ключевым компонентом для производственных процессов, но широко используются черный или серый с большим углеродным следом)
- силикатная промышленность — производство цемента и извести (замена ископаемого топлива на водород).

Развитие водородной энергетики в странах БРИКС. В 2020 году рамках БРИКС был принят документ, отвечающий интересам развития водородной энергетики как в рамках объединения в целом, так и между входящими в него государствами, — Дорожная карта энергетического сотрудничества до 2025 года [3].

Согласно данным Международного Энергетического Агентства³, за 2023 год производство водорода в мире составило 97 млн тонн, около трети из которых обеспечено Китаем. Водород в Китае преимущественно производится путем газификации угля (черный водород — 60% китайской продукции) или из природного газа (серый водород — около 25%). При этом Китай вместе с США и Европейским Союзом лидирует в производстве зеленого водорода в глобальном масштабе, составляя порядка 75% всего водорода, произведенного с использованием ВИЭ и электролиза. Китай очень амбициозен в планах по производству зеленого водорода — к 2030 планируется реализовать проекты по производству зеленого водорода, которые составят около половины от его мирового рынка. Такие амбиции не являются безосновательными — большая часть проектов находится на стадиях строительства или окончательного инвестиционного решения (ОИР). Первый документ, посвященный развитию водородной энергетики, был выпущен еще в 2016 году — Дорожная карта технологий транспортных средств на водородных топливных элементах. Сейчас более актуальным является Среднесрочный и долгосрочный план развития водородной энергетики (2021–2035 гг.) [4].

По различным оценкам, в России спрос на водород составляет от 5 до 7 млн тонн. По производству Россия занимает 5 место в мире после Китая, США, Европейского Союза и Индии — около 5 млн тонн в год⁴. Большая часть этого водорода получается методом паровой конверсии природного газа (серый водород). Россия имеет большой потенциал для развития водородной энергетики, запускаются различные проекты по производству зеленого водорода (например, на Сахалине). Стоят рассмотрения и другие способы его низкоуглеродного получения, которые могли бы стать для России переходным этапом на пути к распространению зеленого водорода. В связи с развитой инфраструктурой атомной энергетики, метод получения с использованием ядерной энергии может стать одним из путей сокращения выбросов парниковых газов при производстве. Снизить углеродоемкость производства водорода также можно с помощью технологий CCUS (голубой водород). Россия имеет преимущества для производство такого вида водорода в связи с большими запасами природного газа наличием геологических структур, подходящих для захоронения CO₂, однако проблемой является отсутствие в стране технологий улавливания и хранения углерода, которые в настоящее время находятся в стадии разработки.

На государственном уровне водород рассматривается в таких документах, как Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года⁵, Концепция

³ Global Hydrogen Review 2024 / IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024> (дата обращения: 11.11.2024).

⁴ Перспективы развития водородной промышленности в России // Национальный отраслевой журнал «Нефтегазовая вертикаль». URL: <https://ngv.ru/articles/perspektivy-razvitiya-vodorodnoy-promyshlennosti-rossii/#:~:text=Крупнейшим%20в%20России%20потребителем%20водорода,-%205%2C5%20млн> (дата обращения: 11.11.2024).

⁵ Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года : Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 №1523-р // Правительство России : официальный сайт. URL: <http://government.ru/docs/39847/#> (дата обращения: 11.11.2024).

развития водородной энергетики в Российской Федерации⁶, государственная программа Российской Федерации «Развитие энергетики»⁷, в состав которой вошел федеральный проект «Чистая энергетика», содержащий мероприятия по развитию производства, транспорта и потребления водорода, а также дорожная карта «Развитие водородной энергетики».

Экологизация производства водорода крайне важна для Бразилии, так как спрос на водород есть не только в энергетике, но и в других отраслях. В первую очередь, это нефтеперерабатывающая и химическая промышленности. Водород также является возможностью для декарбонизации таких углеродоемких видов промышленности, как металлургия и производство цемента, которые ответственны за более половины выбросов парниковых газов промышленного сектора страны. По различным оценкам, Бразилия имеет широкие возможности, чтобы преуспеть в производстве низкоуглеродного водорода. На данный момент принята Национальная водородная программа на период 2023–2025, разрабатывается нормативно-правовая база и государственные стимулы в области экологичного производства водорода. Географические особенности Бразилии обеспечивают потенциал ветровой и солнечной энергии, а также гидроэнергетики (около 85% энергии в стране получается за счет возобновляемых источников) и преимущества для транспортировки в ряд стран, включая Северную Америку и Европу⁸.

Индия производит и потребляет около 10% всего водорода в мире, спрос обусловлен ростом нефтеперерабатывающей и сталелитейной промышленности, производством аммиака и метанола. Практически весь потребляемый водород производится из ископаемого топлива. Для снижения углеродоемкости промышленности в стране необходимо экономически эффективное производство низкоуглеродного водорода. Углеводородные ресурсы Индии ограничены, а стремление обеспечить энергетическую независимость и рост налогов на углерод побуждают к широкому использованию ВИЭ. Таким образом, приоритетным направлением может стать производство именно зеленого водорода. В Индии приняты Национальная миссия по зеленому водороду и Политика в области зеленого водорода / зеленого аммиака. Законодательство и нормативно-правовая база в области водородной экономики отсутствуют, но регулирование водородных проектов планируется в рамках правок законодательства о нефтяных месторождениях и различных программных документов.

ЮАР планирует увеличение масштабов производства зеленого водорода, так как имеет большой потенциал для развития ВИЭ, в особенности солнечной энергетики —

⁶ Об утверждении Концепции развития водородной энергетики в Российской Федерации : Распоряжение Правительства РФ от 05.08.2021 №2162-п // Правительство России : официальный сайт. URL: <http://government.ru/docs/42971/> (дата обращения: 11.11.2024).

⁷ Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие энергетики» : Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 321 (ред. от 06.08.2024) // Правительство России : официальный сайт. URL: <http://government.ru/docs/all/91334/> (дата обращения: 11.11.2024).

⁸ Gurjit W., Guillaumon J., Aude M., Ceotto H. Green Hydrogen: An Opportunity to Create Sustainable Wealth in Brazil and the World. McKinsey, 25 November 2021. URL: <https://www.mckinsey.com/br/en/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo> (дата обращения: 11.11.2024).

более 2500 часов солнца в год [5]. В 2021 году была опубликована Дорожная карта водородного общества ЮАР. В документе рассматривается создание различных водородных проектов, в частности «Платиновой долины», которое свяжет три важных производственных и инфраструктурных узла — шахты в провинции Лимпопо, промышленные объекты в Йоханнесбурге и порт в г. Дурбан в «водородный коридор», в рамках которого снабжение будет осуществляться грузовым транспортом, работающим на водородном топливе [2]. Важность этого проекта заключается в том, что платина существенно повышает эффективность электролизеров за счет повышения плотности тока, а на Южную Африку приходится около 70% добычи платины в мире. Внедрение водорода в ЮАР осуществляется в рамках существующей нормативно-правовой базы. В частности, Закон о газе № 48 от 2001 г. уже обеспечивает базовое покрытие для распределения водорода и конкретно регулирует газы, богатые водородом. Вышеназванный закон, Национальный закон об управлении окружающей средой (NEMA) и др. рассматриваются в качестве основы для разработки правил и стандартов, относящихся к водороду.

Основные препятствия для развития водородной энергетики. Среди причин для затруднений широкого распространения производства водорода существуют политические (регуляторные), экономические и технические. В зависимости от источника проблемы, они имеют различные направления решений — государственное регулирование, научно-технологическое развитие или экономические меры. Подробнее препятствия, их причины и возможные пути решений рассмотрены в таблице 1.

Выводы. Таким образом, на основе анализа научной литературы автором систематизированы основные проблемы и вызовы, связанные с производством различных видов водородного топлива, возможные пути решения, а также охарактеризован масштаб производства и спроса в области водородной энергетики в Китае, России, Бразилии, Индии и ЮАР.

По результатам исследования можно сделать вывод о том, что производство зеленого водорода может способствовать экологизации таких отраслей как энергетика, металлургия, нефтеперерабатывающая промышленность, производство метанола, аммиака и азотных удобрений, цемента и извести в странах БРИКС. Государства имеют большой потенциал и амбициозны в планах по развитию водородной энергетики, однако нуждаются в преодолении технологических барьеров и усилении государственной поддержки отрасли. Необходимо развитие международного сотрудничества как внутри объединения БРИКС, так и с другими странами.

Таблица 1

Основные препятствия для развития водородной энергетики

Препятствия	Причины	Возможные пути решения
1. Недостаток законодательства и ограниченность программ государственного стимулирования в области водородной энергетики	Многие государства прогрессируют в разработке программ и документов, связанных с водородом, однако вопросы классификации экологичных видов водорода, лицензирования и разрешения на производство остаются актуальными и влияют на масштабы развития отрасли.	Для расширения масштабов производства низкоуглеродного водорода требуется разработка соответствующей нормативно-правовой базы, а также экономическое содействие государства.
2. Неопределенность объема спроса	Отрасль производства водорода является относительно новой, в связи с чем спрос на водород остается не до конца изученным и ясным для производителя, что ведет к трудностям поиска и удержания инвесторов.	Необходимо осуществлять анализ данных и прогнозирование в рамках отрасли, проведение регулярных исследований рынка и опросы среди потребителей для понимания их предпочтений и ожиданий, а также важна разработка гибких финансовых стратегий.
3. Финансовые трудности	Производство низкоуглеродного водорода сопровождается более высокими производственными издержками, чем другие способы получения (из угля и природного газа) или использование традиционных источников энергии, что обусловлено стоимостью электролизеров и технологий CCUS, а также транспортировки водорода.	Повышение спроса на экологичные виды водорода как со стороны населения, так и государства. Снижение альтернативных издержек таких видов водорода возможно за счет повышения экономической стоимости природы, которое должно привести к тому, что негативные последствия для экосистем будут обходиться дороже затрат на производство.
4. Технические проблемы	Препятствия, возникающие при эксплуатации и увеличении масштабов производства, зачастую связаны с недостатком инновационных технологий, финансами или вопросами безопасности.	Решением может стать научно-технологическое развитие и подготовка квалифицированных специалистов в данной области
5. Риски при транспортировке, хранении и использовании	Водород не имеет цвета и запаха, его горение не видно при дневном свете, а также он горюч и взрывоопасен при контакте с воздухом.	Для обеспечения безопасности при работе с водородом необходимо разрабатывать и внедрять устойчивую инфраструктуру (например, нержавеющая сталь и композитные материалы для резервуаров, чтобы избежать коррозии металла или использование специальных датчиков для контроля утечек).

Литература

1. Бобылев С. Н., Захаров В. М. Экосистемные услуги и экономика. М. : Институт устойчивого развития : Центр экологической политики России, 2009. 72 с.
2. Игнатов А. А. Проблемы и перспективы реализации политики справедливого энергетического перехода в ЮАР // Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика. 2023. Т. 18, № 4. С. 5.

3. Лизикова М. С. Состояние и перспективы международного сотрудничества стран БРИКС в области водородной энергетики // Научно-технологическое и инновационное сотрудничество стран БРИКС : Материалы международной научно-практической конференции. Вып. 1 / ИНИОН РАН ; отв. ред. В. И. Герасимов. М., 2023. С. 471–476.

4. Юдин Д. А., Овчинников А. М. Государственная политика Китая в области водородной энергетики // Инновации и инвестиции. 2023. №. 4. С. 46–50.

5. Ayodele T. R. et al. Hydrogen production using solar energy resources for the South African transport sector // International Journal of Sustainable Engineering. 2021. Vol. 14, №. 6. P. 1843–1857.

6. Wang R. R. et al. Hydrogen direct reduction (H-DR) in steel industry — An overview of challenges and opportunities // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 329. 129797.

A. A. Gorenkova

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN ENERGY
IN BRICS COUNTRIES**

*Moscow State Institute of International Relations (University)
of the Ministry of Foreign Affairs of Russian Federation
alenagorenkovaa@gmail.com*

Hydrogen energy is a promising area of development in the conditions of global climate change, as hydrogen combustion does not produce greenhouse gas emissions. In order for this energy source to be widely used, it is necessary to assess the advantages, obstacles and prospects in individual regions, taking into account the current level of energy development in the countries under study. The BRICS countries are among the largest producers and consumers of energy, and therefore the ecologization of this industry is necessary. The aim of this article is to systematize the challenges and opportunities associated with the development of hydrogen energy in the BRICS countries, as well as to search for possible solutions. The materials are Russian and foreign scientific literature, reports and documents of international organizations. The methods are a review of scientific literature, methods of system and structural analysis. The results of the study are characteristics of hydrogen energy in the BRICS countries and its development prospects, description of the main problems and challenges associated with the production of various types of hydrogen fuel, as well as possible solutions.

Е. А. Модина

ВЛИЯНИЕ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ РЕСУРСОВ НА ЭМИССИЮ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА И МЕТАНА В ВЕНЕСУЭЛЕ

Московский государственный институт
международных отношений (университет)
Министерства иностранных дел Российской Федерации
modina_e_a@my.mgimo.ru

Представлены результаты исследования о ресурсах нефтедобывающей отрасли Венесуэлы, ее состоянии, в контексте эмиссии парниковых газов, а также о сведении лесов и деградации экосистем в стране, в контексте поглощения парниковых газов. Приведены сведения о климатической политике страны. Использованы данные из докладов и отчетов Международного энергетического агентства (МЭА), Всемирного Банка, Управления энергетической информации США, Global Gas Flaring Data и Global Forest Watch. Исследование влияния добычи и переработки нефти на эмиссию углекислого газа и метана показало, что добыча и переработка нефтяных ресурсов в Венесуэле оказывают значительное влияние на уровень эмиссии парниковых газов, что связано как с использованием устаревших технологий, недостаточной модернизацией инфраструктуры и отсутствием систем улавливания, так и с физико-химическими особенностями добываемых в регионе сортов. Рассмотрены перспективы развития нефтедобычи и нефтепереработки в Венесуэле, в контексте низкоуглеродного развития.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_21

Введение. Венесуэла обладает крупнейшими в мире запасами нефти. Экономика страны зависит от добычи и экспорта нефти. В условиях политической нестабильности и экономического кризиса в стране, понимание воздействия нефтяной отрасли на климат становится особенно актуальным. Исследование имеет важное значение как для Венесуэлы, так и для глобального сообщества, стремящегося к устойчивому развитию и минимизации негативного влияния на климат.

Цель:

Определить влияние нефтяной отрасли на эмиссию парниковых газов в Венесуэле и перспективы ее развития, в контексте низкоуглеродного развития.

Задачи:

1. Систематизировать и обобщить данные о ресурсах нефтедобывающей отрасли Венесуэлы, в контексте эмиссии парниковых газов.
2. Систематизировать и обобщить данные о состоянии нефтедобывающей отрасли Венесуэлы, в контексте эмиссии парниковых газов.
3. Систематизировать и обобщить данные о сведении лесов и деградации экосистем в Венесуэле, в контексте поглощения парниковых газов.
4. Систематизировать и обобщить данные о климатической политике Венесуэлы.
5. Определить перспективы развития нефтедобычи и нефтепереработки в Венесуэле, в контексте низкоуглеродного развития.

1. Ресурсы нефтедобывающей отрасли Венесуэлы, в контексте эмиссии парниковых газов

Экономика Венесуэлы исторически глубоко зависима от нефтяного сектора. Несмотря на стремительное экономическое развитие страны в XX веке, в XXI веке темпы добычи значительно снизились.

Венесуэла обладает крупнейшими в мире доказанными запасами нефти, составляющими около 303,8 млрд барр [3], что составляет 17,5% от общемировых запасов.¹

В регионе выделяется 5 крупных нефтяных бассейнов. Государственной нефтяной компанией является PDVSA, обладающая контрольным пакетом акций в большинстве проектов и занимающаяся разведкой, добычей и переработкой нефти.

По данным ОПЕК, добыча нефти в Венесуэле за 2023 г. составила, в среднем, 740 тыс. барр/сут, тогда как на пике своего развития в 2000 г. нефтедобыча в стране достигала 3,2 млн барр/сут. В июле и августе 2024 года уровень нефтедобычи вырос до 927–928 тыс. барр/сут².

Тяжелая и сверхтяжелая нефть

Пояс тяжелой нефти в Венесуэле протяженностью 54 000 км² предположительно может содержать более 513 млрд барр. потенциально извлекаемой тяжелой нефти. [5].

Нефть пояса Ориноко является одним из крупнейших источников выбросов парниковых газов. [4;7] На добычу тяжелой и сверхтяжелой нефти расходуется значительное количество энергии и требуются более высокотехнологичные методы³. Согласно расчетам, для венесуэльского месторождения «Ориноко» характерны усредненные выбросы до 1460 кгСО₂/барр в процессе добычи нефтяных ресурсов⁴.

В исследовании, опубликованном Французским институтом нефти (IFPEN), подчеркивается, что на всех этапах добычи тяжелой, сверхтяжелой нефти и битума выбросы СО₂ в 4–6 и даже 10 раз выше, чем при традиционной добыче⁵. Еще одна проблема заключается в том, что залежи тяжелой нефти обычно обнаруживаются на определенных глубинах там, где пласты гидравлически связаны с водоносными горизонтами, поэтому во время разработки пластов такой нефти существует повышенная опасность разливов нефти и увеличения эмиссии парниковых газов [6].

Битуминозные пески

Битуминозные пески Венесуэлы являются крупнейшими после Канады. Большая часть таких месторождений расположена в бассейне реки Ориноко.

¹ 8 стран с наибольшими разведанными запасами нефти // Т-Ж. URL: <https://journal.tinkoff.ru/short/oil-reserves/> (дата обращения: 12.11.2024).

² Venezuela's heavy crude oil output increases are limited following U. S. sanctions relief // U. S. Energy Information Administration. URL: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=60762> (дата обращения: 12.11.2024).

³ Inside Venezuela's Contradictory Oil Industry // Forbes. URL: <https://www.forbes.com/sites/rriapier/2023/02/21/inside-venezuelas-contradictory-oil-industry/> (дата обращения: 12.11.2024).

⁴ Infographic: Platts Analytics sizes up oil's carbon intensity from North Sea to Venezuela // S&P Global. URL: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/oil/021522-infographic-chasing-the-lowest-carbon-crudes> (дата обращения: 12.11.2024).

⁵ Experimental Study of the Pipeline Lubrication for Heavy Oil Transport // IFPEN. URL: <https://ifp.hal.science/hal-02017316/> (дата обращения: 29.10.2024).

Выбросы парниковых газов при разработке битуминозных песков высоки, что также связано с необходимостью отчуждать огромные территории под добычу, для получения одного барреля нефти из битуминозных песков используется около трех баррелей природного газа.⁶

2. Состояние нефтедобывающей отрасли Венесуэлы, в контексте эмиссии парниковых газов

Аварии и утечки на трубопроводах и во время транспортировки нефти

Венесуэльская нефтяная промышленность сталкивается с различными техническими и производственными проблемами:

- Стареющая инфраструктура и недостаток квалифицированного персонала;
- Санкционное давление, коррупция и недостаток инвестирования в отрасль.

Подобные проблемы приводят к дополнительной эмиссии, разливам и прочим чрезвычайным ситуациям. В период с 2010 по 2016 год PDVSA самостоятельно сообщила о более чем 46 000 разливов нефти. В 2021 году Обсерватория Земли NASA подсчитала, что в период с 2010 по 2016 год в Венесуэле произошло около 50 000 утечек и разливов нефти.

Сжигаемый попутный газ и выбросы метана

Венесуэла входит в число стран с наибольшим количеством сжигаемого попутного газа. Большая его часть поступает со зрелых месторождений в восточной части страны и в поясе Ориноко.

С 2012 по 2022 год интенсивность сжигания попутного газа в Республике Венесуэла увеличилась в четыре раза и на 2022 год составила 33,53 м³/барр — это самый высокий показатель среди стран Америки и Европы.⁷

На 2022 год было зарегистрировано 103 отдельных объекта, где осуществлялось сжигание попутного газа.

Высокие объем и интенсивность выбросов углерода при сжигании попутного газа в местах нефтедобычи во многом объясняются недостаточным техническим оснащением и отсутствием улавливающих установок.⁸

Помимо этого, Венесуэла занимает третье место в мире по выбросам метана на баррель нефти.

3. Сведение лесов и деградация экосистем, в контексте поглощения парниковых газов

Развитие нефтяной отрасли требует значительных земельных ресурсов, что приводит к вырубке лесов для разработки месторождений. Это увеличивает выбросы углерода и снижает способность экосистем поглощать CO₂.

⁶ Venezuelan tar sands // BankTrack. URL: https://www.banktrack.org/project/venezuelan_tar_sands (дата обращения: 12.11.2024).

⁷ Global Flaring and Venting Regulations : Venezuela, República Bolivariana de. URL: <https://flaringventingregulations.worldbank.org/venezuela-republica-bolivariana-de> (дата обращения: 29.10.2024).

⁸ Global Flaring and Venting Regulations / The World Bank. URL: [https://flaringventingregulations.worldbank.org/venezuela-republica-bolivariana-de#:~:text=Between%202012%20and%202022%2C%20the,countries%20studied%20\(figure%201\)](https://flaringventingregulations.worldbank.org/venezuela-republica-bolivariana-de#:~:text=Between%202012%20and%202022%2C%20the,countries%20studied%20(figure%201)) (дата обращения: 12.11.2024).

После скачка объемов вырубок в 2016 году из-за общей кризисной ситуации как в нефтяной отрасли, так и в стране можно наблюдать тенденцию снижения вырубок лесов. В 2021–2022 гг. наблюдались наименьшие объемы сведения лесов, что вероятнее всего являлось ответной реакцией отраслей на усугубившийся кризис, вызванный введением секторальных санкций со стороны США в 2019 и 2020 г. (рис. 1)



Рис. 1. Площадь сведения лесов в Венесуэле по годам, тыс. га

Источник: составлено автором по данным Global Forest Watch. URL: <https://www.globalforestwatch.org/> (дата обращения: 24.10.2024)

Большинство очагов находятся в пределах горнодобывающей дуги Ориноко (около 30% от общей площади вырубленных лесов). С 2002 по 2023 год Венесуэла потеряла 2,30 млн га древесного покрова, что эквивалентно сокращению древесного покрова на 4,1% с 2000 года, и 1,07 т выбросов CO₂e.

4. Климатическая политика Венесуэлы

Венесуэла — страна, ратифицировавшая Парижское Соглашение. В 2018 году был представлен ОНУВ страны, включающий национальный план по смягчению последствий изменения климата, цель которого — сократить выбросы парниковых газов на 20% к 2030 году. В 2021 году ОНУВ был актуализирован, а цели конкретизированы.

В ОНУВ упоминаются проекты по сокращению сжигания попутного газа, их реализация позволит сократить выбросы парниковых газов более чем на 500 000 т CO₂e. Также в обновленном ОНУВ отражены цели по развитию ветровой и солнечной энергетики, повышению энергоэффективности и сохранению и расширению лесных массивов.

В 2020 году нефтяная отрасль Венесуэлы находилась на своем историческом минимуме по добыче нефти и по уровню воздействия на окружающую среду, но с 2021 года вновь заметно увеличение мощностей в отрасли. (рис. 2)

Несмотря на все действия в рамках климатических соглашений Венесуэлы, доля нефти в энергоснабжении страны составляет 44,7%, на нее приходится 44% от объема выбросов CO₂ при сжигании топлива на 2022 год. (рис. 3)

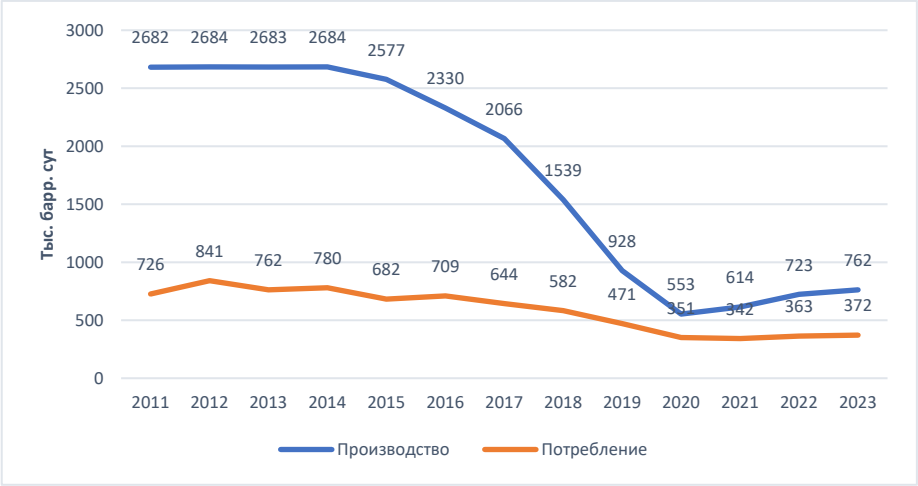


Рис. 2. Общий объем производства и потребления нефти и других жидких углеводородов в Венесуэле по годам, тыс. барр. сут

Источник: составлено автором по данным World Bank, 2024



Рис. 3. Объемы эмиссии CO₂ в Венесуэле от добычи и переработки нефти, млн тонн CO₂

Источник: Составлено авторов по данным The Global Economy, 2024. URL:

<https://www.theglobaleconomy.com/Venezuela/> (дата обращения: 24.10.2024)

5. Перспективы развития нефтедобычи и нефтепереработки в Венесуэле, в контексте низкоуглеродного развития

Венесуэла сталкивается с большим количеством климатических вызовов, связанных с высокими уровнями выбросов парниковых газов. Для уменьшения углеродного

следа нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий необходимо принять во внимание следующие перспективные направления нефтедобычи и нефтепереработки в Венесуэле, в контексте низкоуглеродного развития:

Для снижения зависимости страны от нефтяной отрасли необходимо развивать другие источники возобновляемой и низкоуглеродной энергетики. В частности, наибольшую эффективность по выработке энергии в регионе могут показать солнечная, ветровая и гидроэнергетика.

1) Для уменьшения количества неорганизованных выбросов необходимо поэтапно обновлять инфраструктуру отрасли, в особенности нефтепроводы, а также усовершенствовать системы обнаружения утечек и их ремонта на предприятиях.

2) При разработке месторождений с труднодобываемой или тяжелой нефтью необходимо использовать технологии для повышения нефтеотдачи, например, технологии CO₂-экстракции, либо снижать долю добываемых сортов тяжелой нефти в пользу менее углеродоемких типов.

3) Для повышения уровня депонирования выбросов CO₂ необходимо увеличение площади лесных массивов, проведение мероприятий по агролесомелиорации, которые поспособствуют восстановлению территорий.

4) Необходимо реализовывать проекты по энергетическому использованию попутного природного газа, образующегося при добыче углеводородов, и минимизировать сжигание газовых ресурсов на производственных участках.

5) Необходимо расширить применение технологий улавливания CCUS, что снизит выбросы.

6) Для стабилизации ситуации в отрасли и устойчивого повышения мощностей в посткризисный для Венесуэлы период необходимо конкретизировать и увеличить охват правового регулирования объемов выбросов и управления ресурсами.

7) В Венесуэле также необходимо создавать дальнейшие стимулы для компаний для устойчивого развития в рамках отрасли. Это может включать налоговые льготы или субсидии на переход к низкоуглеродным технологиям.

8) Установление партнерств с международными компаниями и организациями для обмена технологиями и опытом в области снижения углеродоемкости может быть полезным шагом, поможет привлечь инвестиции в отрасль.

9) Для разработки устойчивых решений необходимо увеличивать долю высококвалифицированных сотрудников путем организации программ обучения для местного населения.

Заключение

Исследование влияния добычи и переработки нефти на эмиссию CO₂ и CH₄ показало, что добыча и переработка нефтяных ресурсов в Венесуэле оказывают значительное влияние на уровень эмиссии парниковых газов, что связано как с использованием устаревших технологий, недостаточной модернизацией инфраструктуры и отсутствием систем улавливания, так и с физико-химическими особенностями добываемых в регионе сортов.

Для снижения углеродного следа необходимо внедрение устойчивых практик в нефтяной отрасли с учетом комплексного подхода к решению проблемы.

Венесуэла имеет возможность не только минимизировать негативное воздействие на климат, но и стать примером для других стран с аналогичными ресурсами. Переход к устойчивым практикам в нефтяной отрасли не только улучшит экологическую ситуацию в стране, но и создаст новые экономические возможности для будущих поколений.

Литература

1. Ковалев Ю. Ю. Климатическая политика стран Латинской Америки и Карибского бассейна // История и современное мировоззрение. 2022. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klimaticheskaya-politika-stran-latinskoj-ameriki-i-karibskogo-bassejna> (дата обращения: 29.10.2024).
2. Митина Н. Н., Чжоу И. Нефтяная промышленность Венесуэлы // Инновации и инвестиции. 2022. № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neftyanaya-promyshlennost-venesuely> (дата обращения: 29.10.2024).
3. Agbanike T. F., Nwani C., Uwazie U. I. Oil price, energy consumption and carbon dioxide (CO₂) emissions: insight into sustainability challenges in Venezuela // Latin American Economic Review volume. 2019. URL: <https://latinaer.springeropen.com/articles/10.1186/s40503-019-0070-8>
4. Hein F. J. Heavy oil and oil (tar) sands in North America: An overview and summary of contributions // Natural Resources Research. 2006. Vol. 15, no. 2. P. 67. URL: https://www.researchgate.net/publication/225774611_Heavy_Oil_and_Oil_Tar_Sands_in_North_America_An_Overview_Summary_of_Contributions
5. Schenk C. J., Cook T. A., Charpentier R. R. An estimate of recoverable heavy oil resources of the Orinoco Oil Belt, Venezuela // U. S. Geological Survey Fact Sheet 2009. USA, 2009. P. 4. URL: <https://pubs.usgs.gov/fs/2009/3028/>
6. Yatimi Y., Mendil J., Marafi M., Alalou A., H. Al-Dahhan M. Advancement in heavy oil upgrading and sustainable exploration emerging technologies // Arabian Journal of Chemistry [Electronic journal]. Volume 17. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535224000121>
7. Zhou T., Šimůnek J., Nasta P., Brunetti G., Gaj M., Neukum C., Post V. The impact of soil tension on isotope fractionation, transport, and interpretations of the root water uptake origin // Water Resour. Res. 2023. 59. e2022WR034023. URL: https://www.researchgate.net/publication/373081633_The_Impact_of_Soil_Tension_on_Isotope_Fractionation_Transport_and_Interpretations_of_the_Root_Water_Uptake_Origin

К. Д. Садртинов
СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП ФОРМИРОВАНИЯ
КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ КИТАЯ

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова
sadrтинov.kirill@yandex.ru

В последние годы Китай становится мировым лидером в различных направлениях климатической политики. Китай досрочно перевыполнил план 1200 ГВт мощностей солнечных и ветровых электростанций к 2030 г., в июле 2024 г. установленная мощность составила 1206 ГВт. Также впервые за последние 20 лет в Китае фиксируется снижение темпов роста выбросов CO₂ по итогам первого полугодия 2024 г. При этом Китаем не установлены конкретные целевые показатели и обязательства снижения выбросов парниковых газов, что противоречит условиям ратифицированного страной Парижского соглашения. Отдельно подчеркивается крайний недостаточный уровень готовности выполнять климатические обязательства политики Китая. С помощью Logic proposition рассмотрены и ранжированы инструменты формирования современного этапа климатической политики Китая. Предложена собственная модель, объясняющая долю (вклад) каждого инструмента в формировании современной климатической политики.

DOI: 10.15356/geoeeco_2024_1_22

В основе современной климатической политики стран лежат адаптация и борьба с последствиями глобального потепления. Парижское соглашение 2015 обязует сторон-участников сокращать антропогенные выбросы парниковых газов (ПГ), чтобы сдерживать рост средней глобальной температуры намного ниже 2°C и приложить усилия для ограничения роста температуры величиной 1,5°C относительно доиндустриального уровня. С 2005 года по настоящее время Китай является главным эмитентом парниковых газов на планете, за последние 20 лет совокупные выбросы CO₂ выросли с 6 млрд тонн до 13 млрд тонн, соответственно его роль в глобальной климатической повестке крайне важна. Сегодня Китай становится мировым лидером по многим направлениям климатической политики, прежде всего, за счет колоссальных темпов внедрения передовых низкоуглеродных технологий. Но при этом главная проблема роста выбросов ПГ продолжает прогрессировать в государстве, более того, изначально ратифицировав Парижское соглашение в 2016 году, Китай не давал никаких обязательств по снижению выбросов, и, пожалуй, это единственная страна из перечня основных эмитентов ПГ с такими противоречащими условиям Парижского соглашения обязательствами. В настоящее время можно говорить только о начальной стадии выработки государством климатической политики. Задачами исследования стали: 1) обзор целей и экспертных оценок климатической политики Китая; 2) анализ и ранжирование по значимости (важности) для Китая инструментов климатической политики.

В 2021 г. китайским правительством уточнен ОНУВ и были утверждены климатические цели страны, по трем главным направлениям: 1) достижение пика выбросов CO₂ до 2030 г. и нулевых выбросов (углеродной нейтральности) до 2060 г.; 2) снижение

углеродоемкости более чем на 65% относительно 2005 г.; 3) наращивание использования возобновляемых источников в первичном потреблении энергии до 25% от общего объема к 2030 г. Общая независимая экспертная оценка международной научно-исследовательской организации Climate Action Tracker (САТ, 2023 и 2024) политики и целей Китая остается «крайне недостаточной», что означает лишь выход на плато по выбросам парниковых газов и явную неготовность их сокращать, вследствие чего государство выйдет за температурные пределы 1,5°C и не сможет выполнить главное обязательство Парижского соглашения¹. К такой оценке эксперты САТ приходят, потому что Китай в целом не конкретизирует свои шаги, не выделяет этапы и сроки, и не формулирует конкретные меры и целевые показатели по снижению выбросов парниковых газов. Выбросы CO₂ в Китае в 2023 г. достигли исторического максимума из-за быстрого восстановления высоких темпов потребления ископаемого топлива после окончания политики нулевого COVID. Однако, в соответствии с нынешней политикой интенсивного внедрения мощностей возобновляемых источников энергии, выбросы в Китае достигнут пика на пять лет раньше, т. е. в 2025 г. Ожидаемый уровень абсолютного прироста выбросов 0,5–1,6% (без учета ЗИЗЛХ) к 2030 г. относительно оценок предыдущего года. По консервативному сценарию выбросы CO₂ Китая выйдут на плато в 2025 г. с последующим спадом на 0,5% в год до 2030 г. По оптимистичному сценарию выбросы CO₂ вышли на плато уже в 2023 г., и в дальнейшем будет снижение на 1% в год, что произойдет благодаря поэтапному отказу от сжигания угля в пользу активного внедрения электростанций на ВИЭ, что приведет к дополнительному сокращению выбросов на 5% к 2030 г. Предпосылкой этому служит перелом в динамике выбросов CO₂ за первое полугодие 2024 г., в котором впервые отмечен отрицательный прирост выбросов по отношению к предыдущему году, но нельзя достоверно прогнозировать аналогичный успех во второй половине текущего года.

Представленная ниже схема (рис. 1) иллюстрирует исторические выбросы (1990–2020 гг.) углекислого газа, рассчитанные в объеме-эквиваленте/год (CO₂e/year), а также выбросы на текущее десятилетие на основе смоделированных путей (траекторий социально-экономического развития) в зависимости от уровня готовности правительства выполнять климатические обязательства, что показано линиями различных цветов. Так объем выбросов CO₂ вдоль черной линии соответствует критически недостаточному уровню, вследствие чего продолжается рост выбросов (пессимистичный сценарий). Напротив, объем выбросов CO₂ вдоль зеленой линии соответствует температурному пределу потепления до 1,5°C, что позволит приблизиться к историческому уровню выбросов (оптимистичный сценарий). Остальными линиями показаны промежуточные сценарии сокращения объемов выбросов CO₂: красная линия означает крайне недостаточный уровень; оранжевая линия — недостаточный уровень, и желтая — почти достаточный (довольно близко к оптимистичному сценарию). Также приводится модель, стабилизации выбросов CO₂ на основе справедливой доле (синяя линия). И можно заметить, что реализация такого сценария показывает крайне недостаточный уровень работы правительства КНР для выполнения целей

¹ <https://climateactiontracker.org/countries/china/> (дата обращения: 10.10.2024).

климатической политики Китая. Рейтинг целевых показателей Китая, оцененных по справедливой доле, улучшился до недостаточного уровня из-за обновления базовых данных в 2024 г., при этом фактические изменения в целевых показателях не происходят.

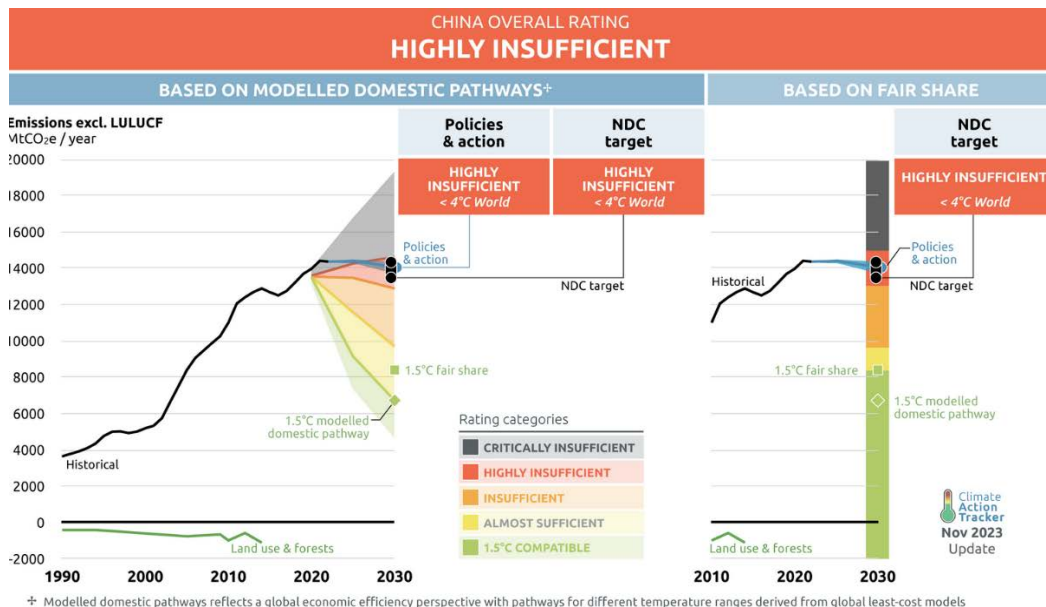


Рис. 1. Общий рейтинг Китая (по оценкам CAT, 2023). Пояснения к схеме см. выше в тексте

Важно подчеркнуть, уголь остается основным источником потребления энергии в Китае и крупнейшим источником выбросов ПГ. В 14-й пятилетней программе Китая (2021–2025 гг.) отражены меры подготовки страны к постугольному переходу: снижение энергоемкости на 13,5% и углеродоемкости на 18% по отношению к 2020 г. Однако прогресс с 2020 по 2023 год оказался минимальным: энергоемкость снизилась только на 2%, а углеродоемкость на 4,6%. Зависимость от угля сохраняется, но возобновляемые источники энергии также внедряются быстрыми темпами, но этого недостаточно для удовлетворения непрерывно растущего спроса на электроэнергию и снижения зависимости от углеводородов. Так уровень добычи угля в стране вырос на 10,5% в 2022 г. На стадии разработки было еще 243 ГВт угольных электростанций в 2023 г., но начиная с 2024 г. в Китае сократились выдачи разрешений на строительство угольных электростанций на 83% в первом полугодии, разрешив только 9 ГВт². Тем не менее, Китай досрочно превысил своей цели 1200 ГВт мощностей солнечных и ветровых станций на шесть лет раньше запланированного срока, достигнув 1206 ГВт в июле

² https://docs.google.com/spreadsheets/d/1_6AkrRZOn3ZXhSV9O6tZnXm7aJsfG9HiQ_iEqBkbW8/edit?gid=1228809590#gid=1228809590 (дата обращения: 20.10.2024).

2024 года, и к концу года прогнозируется 1310 ГВт³. Мощность неископаемой генерации электроэнергии в стране теперь превышает мощность ископаемого топлива.

Конечная цель климатической политики — минимизация антропогенных выбросов парниковых газов до нулевого уровня или достижение углеродной нейтральности, к чему Китай стремится до 2060 г. В октябре 2021 г. Китай официально представил в РКИК ООН стратегию развития с низким уровнем парниковых газов, которая также получила неудовлетворительную оценку в виду несоответствия критериям формулировок целей стратегии по сравнению с опытом передовых стран. Также остается неясным, что в Китае подразумевают под углеродной нейтральностью. Вероятно, имеется в виду прекращение только использования угля за счет наращивания объемов использования нефти, природного газа и альтернативных источников энергии, что отличается от классических представлений углеродно-нейтральной экономики, основанной исключительно на безуглеродных источниках. В любом случае, двойные углеродные цели Китая обостряют борьбу декарбонизации (с точки зрения борьбы с последствиями изменения климата) с экономическим ростом, высоким спросом на энергию и ископаемое сырье.

Итак, в настоящее время окончательная экспертная оценка Climate Action Tracker сводится к крайне недостаточному уровню разработки и готовности реализовать климатическую политику Китаем. Для достижения планки глобального потепления 1,5°C, в Китае к 2030 г. доля выработки электроэнергии на возобновляемых источниках должна составить не менее 79 %, тогда как в реальности достигнет в пределах 45–51% (САТ, 2023). Для совершенствования климатической политики эксперты САТ рекомендуют китайскому правительству конкретизировать климатические цели, регламентировать свои выбросы парниковых газов, ускорить декарбонизацию углеродоемких отраслей, повысить амбициозность целей в энергетическом секторе. Подчеркивается важность и необходимость международной поддержки и привлечения ресурсов в декарбонизацию Китая.

Приняв в 2016 г. обязательства Парижского соглашения, Китай становится одним из мировых лидеров в климатической повестке, и неоднократно подчеркивается первостепенная роль этой страны в снижении выбросов парниковых газов и построение углеродно-нейтральной экономики в борьбе по смягчению последствий глобальных климатических изменений [2]. Основные инструменты, применяемые государством, для формирования современной климатической политики: политические решения, институты, законы, зеленое финансирование, торговля квотами и углеродный рынок, международное сотрудничество. Ранжирование по приоритетности инструментов сделаем с помощью *Logic proposition*. Пропозиция — это утверждение, которое может быть либо истинным, либо ложным; оно должно быть одним или другим, и не может быть и то, и другое одновременно. На основе пропозиций делается вывод о значимости каждого инструмента в современной климатической политике Китая. На основе вывода дается заключение, конкретное отнесение инструмента на определенное

³ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-08-23/china-hits-xi-jinping-s-renewable-power-target-six-years-early> (дата обращения: 31.10.2024).

место в ранжированном списке приоритетности. Чем выше место, тем значимее влияние инструмента в климатической политике. Результаты анализа инструментов климатической политики Китая приведены в таблице 1.

С помощью AHP Priority Calculator ⁴ расставляем приоритеты инструментов путем попарного сравнения всех возможных комбинаций. В данном случае 6 инструментов (факторов), 15 комбинаций. При попарном сравнении указываем по шкале от 1 до 9 значимость фактора: 1 — равная важность, 3 — умеренная важность, 5 — сильная важность, 7 — очень сильная важность, 9 — чрезвычайная важность (значения 2, 4, 6, 8 — промежуточные). Затем мы получаем шкалу приоритетов, результирующие веса критериев, основанные на попарном сравнении, и отношение согласованности CR, коэффициент, показывающий отношение между собственным индексом согласованности (CI) и ожидаемым индексом согласованности (RI). Принято пороговое значение CR = 10%. Ниже приведена итоговая модель (рис. 2) приоритетов инструментов (факторов) современной климатической политики Китая со значением CR = 1,7%, что означает хорошую согласованность сгенерированной матрицы принятия решений путем попарного сравнения факторов, и позволяет констатировать достоверность представленной авторской модели.

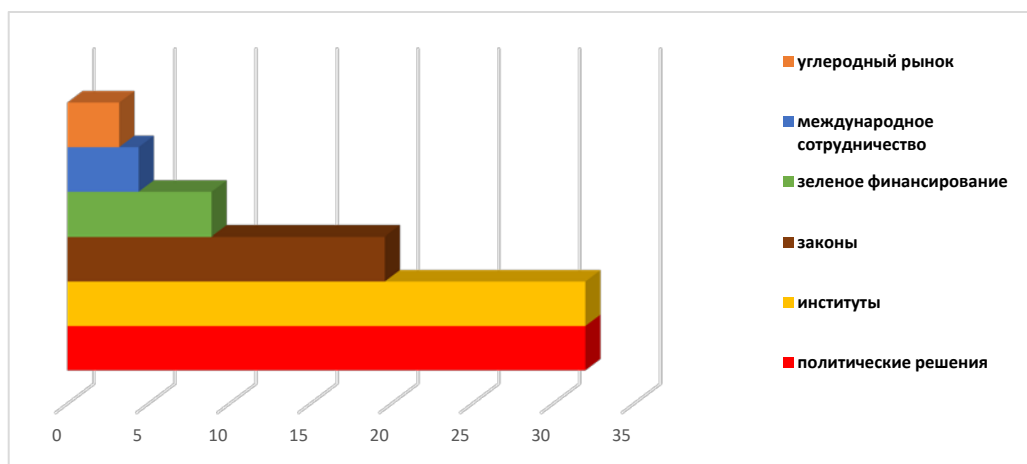


Рис. 2. Вклад факторов в формирование климатической политики Китая, %

Таким образом, самыми значимыми инструментами (факторами) формирования современной климатической политики являются командные, прежде всего, политические решения и работа институтов — 64%, дополненные второстепенными экономическими механизмами, за счет зеленых финансов — 8,9%. Добровольные (рыночные) инструменты находятся под государственным контролем. Несмотря на активное межгосударственное сотрудничество, в Китае выражено стремление уменьшить иностранное вмешательство во внутреннюю климатическую политику страны, что

⁴ <https://bpm.sg.com/ahp/ahp-calc.php> (дата обращения: 10.11.2024).

Таблица 1
Анализ инструментов климатической политики Китая

Инструмент	Пропозиция	Вывод	Заключение
Политические решения	Си Цзиньпин утверждал: 1. Продвижение к новой эпохе «экологической цивилизации» и строительство «красного Китая» — это важная часть осуществления мечты о великом возрождении китайской нации. 2. Китай будет строго контролировать угольные энергетические проекты и рост потребления угля в период 14-й пятилетки (2021–2025 гг.) и постепенно снижать его в период 15-й пятилетки (2026–2030 гг.) 3. Китай не прекратит сжигать ископаемое топливо, пока не будет уверен, что чистая энергия может надежно заменить его.	Подход Си Цзиньпина определяет роль Китая как глобального лидера в борьбе с изменением климата, а ни сторонника климатической справедливости. Неоднозначность позиций выражена в угольной политике	Самое значимое влияние, страна меняет позиции на международной арене от участника в стору мирового климатического лидерства
Институты	1. Национальный координационный комитет по изменению климата — главный правительственный орган по вопросам изменения климата, куда входят представители 20 министерств. 2. Государственный комитет по развитию и реформам КНР (ГКРР) разрабатывает и осуществляет политику по реагированию на изменение климата. 3. Министерство охраны окружающей среды Китая (МООС КНР) осуществляет управление климатической политикой в стране. 4. Национальный Центр стратегии по изменению климата и международного сотрудничества отвечает за проектирование национального углеродного рынка Китая.	Полномочия по разработке и управлению климатической политикой, контролю государственных корпораций центрального подчинения всех секторов лежат на министерствах и комитетах. Более того, они сыграли ключевую роль в разработке экономических механизмов политики	Самое сильное влияние наряду с политическим лидерством
Законы	1. Концепция построения «экологической цивилизации» закреплена в Конституции КНР и уставе КПК (2012). 2. Основными нормативно-правовыми актами в области изменения климата в КНР являются Закон о возобновляемых источниках энергии 2005 г., Белая книга по услугам и политике в области энергетики 2007 г., Стратегия развития Китая на долгосрочную перспективу с низким уровнем выбросов парниковых газов до середины столетия (2021 г.), Стратегия революционных преобразований в области производства и потребления энергии 2016–2030 гг. (2016 г.), Национальная стратегия адаптации к изменению климата до 2035 г. (2022 г.) и 14-й пятилетний план. 3. В Китае так и не разработан национальный закон в области климата. 4. В 2021 г. правительство предложило разработать углеродно-нейтральный закон.	В Китае обширная нормативно-правовая база, определяющая идеологию, принципы регулирования и меры по адаптации к климатическим изменениям, законы служат ключевым инструментом принятия решений в области климата. Но законодательно не установлены целевые показатели по выбросам CO ₂ , в учет парниковых газов пока включен только CO ₂ , т. е. слабый контроль углеродного следа	Сильное влияние законов, несмотря на их противоречивость и неясности. Можно поставить после политического лидерства и институтов

Продолжение Таблицы 1

Инструмент	Пропозиция	Вывод	Заключение
Зеленое финансирование	1. Китай не предоставляет данные по затратам на климатическое финансирование проектов. 2. В 2016 году Народный банк Китая совместно с другими правительственными учреждениями выпустил «Руководящие принципы создания «зеленой» финансовой системы». 3. Две трети зеленых облигаций Китая в 2018 г. вложено в развитие возобновляемой энергетики и электромобилей. 4. Обновленный в 2021 г. «Каталог одобренных проектов» определил критерии зеленых проектов, что привело к росту выпуска зеленых облигаций в 4 раза. 5. В 2017 г. внедрена выдача зеленых сертификатов на ВИЭ, куда были включены только энергия Солнца и ветра. 6. В Шанхае принята таксономия переходного финансирования, охватывая шесть отраслей и направлена на поддержку компаний с традиционно высоким уровнем выбросов.	В Китае развита обширная система зеленого финансирования. Постоянно растущие инвестиции и государственная поддержка ВИЭ находят отражение в перевыполнении целевых показателей по мощностям СЭС и ВЭС, также создан крупнейший в мире рынок электромобилей. Однако зеленое финансирование пока разрабатывается и находится под надзором государственных банков и органов власти	Роль зеленых финансов важна, но второстепенна из-за государственного контроля и регулирования, следует поставить после всех командных инструментов
Торговля квотами и углеродный рынок	1. В 2011 г. ГКРР запустил пилотные проекты развития на добровольной основе системы торговли выбросами в двух провинциях и пяти городах, охватив 16 000 предприятий. 2. В 2021 г. Китай запустил в национальном масштабе углеродный рынок и крупнейшую в мире систему торговли выбросами (СТВ), охватывающую 2225 газовых и угольных электростанций. 3. Региональные углеродные рынки развиваются с учетом местной специфики. 4. В китайском торговом обороте углерода учтены механизмы поглощения, чего нет в ЕС. 5. Китай активно участвует с ЕС в двусторонней торговле кредитами на углеродные единицы.	Несмотря на развитие по всей стране систем торговли квотами и углеродного рынка, отсутствуют меры пресечения за неуплату квоты, не нормированы уровни выбросов, участие Китая в схемах взаимозачета снижения выбросов не приводит к сокращению национальных выбросов	Оценки затруднены, на сегодняшний день, самое пожалуй, самое слабое влияние
Международное сотрудничество	1. В 2016 г. Китай ратифицировал Парижское соглашение. 2. В 2021 г. Китай формулирует цели по достижению пика выбросов до 2030 г. и углеродной нейтральности до 2060 г., в которых отсутствуют целевые показатели и четкие обязательства в снижении выбросов парниковых газов. 3. Китай и европейские страны тесно сотрудничают в глобальной борьбе с изменением климата после выхода США из Парижского соглашения. 4. В ноябре 2021 года на Конференции ООН по изменению климата в Глазго (COP 26) Китай и США подписали соглашение по метану, обещая обновить национальные обязательства. 5. В ноябре 2023 г. на Конференции ООН по изменению климата в Дубае (COP 28) Китай и США опубликовали заявление о сотрудничестве в области климата, в котором отсутствуют обязательства сокращения выбросов в установленные сроки.	Активное международное сотрудничество, Китай занимает позицию мирового лидера в климатической политике. При этом международное сотрудничество не определяет приоритеты развития внутренней климатической политики страны, скорее обратное влияние	Слабое влияние на климатическую политику страны, но гораздо большее раздолье по сравнению с добровольными рыночными механизмами

означает усиление внутривнутриполитических позиций в данном вопросе. Учитывая крайний недостаточный уровень и неэффективность климатической политики для выполнения обязательств Парижского соглашения, то возникает неочевидный вопрос: если что-то изменится в факторах, нужно ли ожидать больших изменений в климатической политике Китая? В исследованиях приводят аргументы за комбинированную политику ценообразования на углерод [1]. Эффективная политика углеродного рынка главным образом поспособствует сокращению выбросов, изменив ценовую конкурентоспособность ископаемого топлива; и косвенно простимулирует технологические новации и приток капитала в возобновляемую энергетику [3]. Главная сложность в достижении нулевых выбросов связана с разрывом между источниками и поглотителями углерода в выбросах CO₂ в Китае. Поэтому возникает потребность в привлечении технологических инноваций улавливания, утилизации и консервации углерода, чтобы внести заметный вклад в достижении углеродной нейтральности страны [1]. Повышение роли рыночных инструментов, развитие фискальной политики, жесткая углеродная политика, такая как повышение цен на углерод могут быть оправданы в Китае в противовес высоким затратам на сокращение выбросов в рамках ускоренной декарбонизации.

Литература

1. Jian C., Xuejun Z., Xiaokong Z., Yabo W. Effects of scenario-based carbon pricing policies on China's dual climate change mitigation goals: Does policy design matter? // *Journal of Management Science and Engineering*. 2023. Vol. 8. P. 167–175.
2. Shu W. A systematic review of climate policies in China: Evolution, effectiveness, and challenges // *Environmental Impact Assessment Review*. 2023. Volume 99.
3. Zhu B., Xu C., Wang P., Zhang L. How does internal carbon pricing affect corporate environmental performance? // *Journal of Business Research*. 2022. Volume 145. P. 65–77.

K. D. Sadrtinov

THE CURRENT STAGE OF CHINA'S CLIMATE POLICY FORMATION

Lomonosov Moscow State University
sadrtinov.kirill@yandex.ru

In recent years, China has become a world leader in various areas of climate policy. China ahead of schedule exceeded the plan of 1200 GW of solar and wind power stations capacity by 2030, in July 2024 the installed capacity was 1206 GW. Also, for the first time in the last 20 years, China has recorded a decrease in the growth rate of CO₂ emissions in the first half of 2024. At the same time, China has not set specific targets and commitments to reduce greenhouse gas emissions, which contradicts the terms of the Paris Agreement ratified by the country. The highly insufficient overall rating of readiness to fulfill China's climate policy commitments is highlighted separately. Using Logic proposition, the tools for shaping the current stage of China's climate policy are considered and ranked. A proprietary model is proposed that explains the share (contribution) of each instrument in the formation of current climate policy.

А. Д. Филиппова

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МИГРАЦИИ: ПЕРСПЕКТИВЫ В АЗИИ

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

filippopova@yandex.ru

Изменение климата — проблема, которая остро стоит в Азиатском регионе. Рост Азии как экономического и промышленного гиганта ведет к неблагоприятным экологическим условиям, вынуждающим людей покидать прежнюю область обитания. На основе изучения статистики, законодательства и иных источников, в данной статье будут выделены основные перспективы экологической миграции в Азии.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_23

В наше время проблема изменения климата становится все более острой и актуальной. Растущая угроза наводнений, засух и других экстремальных погодных явлений заставляет многих людей обратить внимание на перспективы экологической миграции. Особенно это касается стран Азии, где уже сейчас можно наблюдать серьезные последствия изменения климата. Множество людей вынуждены покидать свои дома и искать новое пристанище в результате природных катаклизмов.

В данной статье будут рассмотрены перспективы развития экологической миграции в Азии, на основе анализа текущей ситуации, основных вызовов и возможностей для предотвращения или смягчения ее последствий.

Экологическая миграция — это процесс, при котором люди вынуждены покидать свои родные места проживания из-за неблагоприятных экологических условий или катаклизмов.

Основными причинами экологической миграции в Азии являются изменение климата [1], загрязнение окружающей среды, деградация почвы и угроза природных катастроф. Изменение климата приводит к повышению температуры, засухам и наводнениям, что оказывает серьезное влияние на сельское хозяйство и доступность питьевой воды. Загрязнение окружающей среды становится все более распространенным явлением в городах Азии из-за большого количества промышленных предприятий и роста транспортной инфраструктуры. Это приводит к росту числа случаев аллергических заболеваний, астмы и раковых заболеваний у населения. Деградация почвы является серьезной проблемой в сельской местности, где земли все больше и больше истощаются из-за неправильного использования и эксплуатации. Это приводит к ухудшению плодородия почвы, снижению урожайности и неустойчивости сельского хозяйства. Угроза природным катастрофам также играет значительную роль в причинах экологической миграции в Азии. Однако, именно в Азиатско-Тихоокеанском регионе реализуется большинство проектов по решению вопроса о экологических миграциях (рис. 1) [2].

Compendium of IOM's Activities in Migration.
Climate Change and the Environment

*Geographical distribution of funding
received for completed and
ongoing projects*

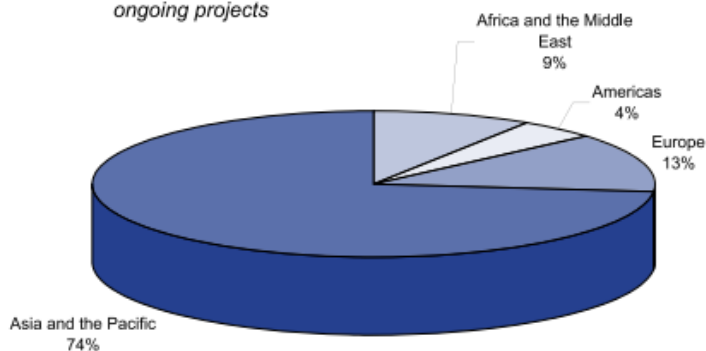


Рис. 1. Статистика о проектах касательно экологической миграции

Сборник материалов Международной организации по миграции, деятельности в области миграции, изменения климата и окружающей среды.

Географические распределения финансирования, полученные за завершённые и действующие проекты.

Африка и Ближний Восток — 9%, Америка — 4%, Европа — 13%, Азия и Океания — 74%

Источник: Сборник International Organization for Migration «MIGRATION, CLIMATE CHANGE AND THE ENVIRONMENT»;

Несмотря на активности правительства в регионе по экологической повестке, Азия остается регионом, в котором каждый шестой житель сталкивался с неблагоприятными экологическими условиями, из-за которых некоторые были вынуждены мигрировать на безопасную территорию. В Азиатско-Тихоокеанском регионе с 2010 по 2023 год было зарегистрировано 225,3 миллиона внутренних перемещений, вызванных стихийными бедствиями, из которых 95% были связаны с погодой, а остальные 5% — с геофизическими причинами. Странами Юго-Восточной Азии с наибольшим количеством перемещений из-за стихийных бедствий в 2021 году стали Филиппины (5 681 000), Индонезия (749 000), Вьетнам (780 000) и Мьянма (158 000) [3]. Рассмотрим статистику по данному вопросу (рис. 2).

Заметно, что наблюдается выраженная тенденция роста числа экологических мигрантов. Один из основных факторов, способствующих экологической миграции в Азии — это увеличение числа природных катастроф, таких как наводнения, засухи и сильные штормы. Климатические изменения стали причиной снижения урожайности посевов и возникновения продовольственного дефицита в некоторых районах. В результате люди вынуждены покидать свои дома в поисках лучших условий жизни. Еще одной причиной экологической миграции является загрязнение окружающей среды. Это создает угрозу для здоровья людей и заставляет их размышлять о переезде на более экологически безопасные территории.

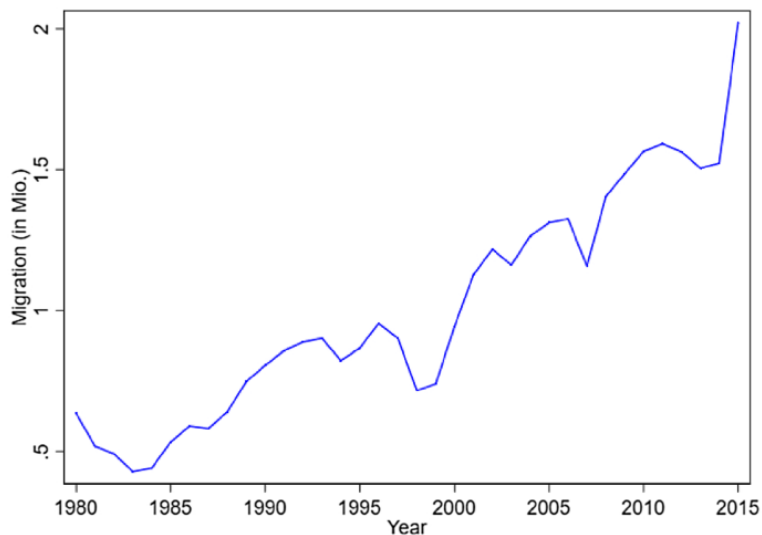


Рис. 2. Рост экологических миграций в Азии (Миграции — млн. чел.; Год)

Источник: Сборник International Organization for Migration «MIGRATION, CLIMATE CHANGE AND THE ENVIRONMENT».

Перспективы экологической миграции в Азии разнообразны. Одни страны, такие как Китай и Индия, сталкиваются с огромными потоками внутренних мигрантов, перемещающихся из сельских районов в города. Другие же страны, такие как Мальдивы и Бангладеш, сталкиваются с проблемой утраты территорий из-за подъема уровня моря.

Первая из возможных мер по решению данных проблем — создание эффективных инструментов для оценки потенциальных рисков и определения приоритетных зон для миграции. Она включает в себя проведение научных исследований по изучению климатических изменений, экологического состояния регионов, а также социально-экономических факторов, которые могут повлиять на принятие решения о миграции.

Второе направление — разработка и внедрение политик и программ, направленных на смягчение последствий климатических изменений и экологических катастроф. Это может быть создание специализированных центров по обеспечению безопасности людей в зонах с высоким риском или предоставление финансовой поддержки для переселения населения из опасных мест.

Третье направление — развитие международного сотрудничества в области экологической миграции. Это может быть обмен опытом, техническая помощь или создание специализированных форумов для диалога и совместной разработки решений.

Многие страны Азии принимают активные меры по созданию законодательной базы и программ поддержки экологической миграции. В настоящее время разрабатывают и принимают специальные законы, которые регулируют процесс переселения людей из зон с высоким уровнем природных катастроф или угрозы окружающей среде [4]. Эти законы определяют правовую основу для проведения переселений, предоставляют гарантии социальной защиты и компенсаций тем, кто вынужден покинуть свое местожительство. Помимо законодательства, важную роль играют также программы поддержки экологической миграции в виде финансовой помощи населению, которое вынуждено переселяться из-за экологических причин. Это позволяет людям получить возможность начать новую жизнь в другом месте и облегчает процесс адаптации к новым условиям.

Большое значение имеет также международное сотрудничество в области экологической миграции — обмен опытом и координация действий по регулированию и поддержке переселения населения из-за экологических катастроф.

Деятельность государства включает в себя создание новой инфраструктуры, обеспечение доступа к работе и образованию, а также гарантирование социальной поддержки для тех, кто вынужден оставить свое прежнее место жительства.

Правовое регулирование экологической миграции играет важную роль в обеспечении защиты и безопасности населения, сталкивающегося с экологическими угрозами. Многие страны Азии уже разработали законодательные акты, которые регулируют процесс экологической миграции. Например, Китай принял Закон о перемещении людей из-за эко-причин в 2013 году. Этот закон определяет права и обязанности переселенцев, а также предоставляет компенсации за потерю имущества и услуги по адаптации к новым условиям жизни. В Индии также проводятся работы по разработке закона о беженцах от природных бедствий. Ожидается, что данный закон будет устанавливать правовую основу для защиты прав переселенцев от природных катастроф и предоставления им необходимой помощи и поддержки. Однако, несмотря на принятие таких законов, многие страны Азии сталкиваются с проблемами в исполнении и реализации этих нормативных актов. В частности, отсутствие финансирования и недостаток инфраструктуры затрудняют проведение переселения людей из опасных зон. Кроме того, права и интересы переселенцев часто игнорируются или не учитываются вовсе.

Литература

1. Facing the Challenge of Environmental Migration in Asia and the Pacific. 2011. (Asian Development Bank Briefs ; № 9). URL: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/29090/adb-brief-09-environmental-migration.pdf>
2. Migration, Climate Change and the Environment / International Organization for Migration. 2009. URL: https://www.iom.int/sites/g/files/tmzbd1486/files/jahia/webdav/shared/shared/mainsite/activities/env_degradation/compendium_climate_change.pdf

3. Soo-Chen K., McCoy D. Climate displacement & migration in South East Asia. URL: <https://www.ipsnews.net/2023/02/climate-displacement-migration-south-east-asia/>

4. Migration and climate change in Asia and the Pacific / United Nations E/ESCAP/GCM/PREP/5 Economic and Social Council. 2017. URL: https://www.unescap.org/sites/default/files/GCMPREP_5E.PDF.

A. D. Filippova

ENVIRONMENTAL MIGRATION: PERSPECTIVES IN ASIA

Lomonosov Moscow State University

filippoppovaa@yandex.ru

Climate change is a problem that is acute in the Asian region. Asia's rise as an economic and industrial giant is leading to adverse environmental conditions that force people to leave their former habitat. By studying statistics, legislation and other sources, this article will highlight the main perspectives of environmental migration in Asia.

А. С. Прилипов¹, О. А. Климанова¹, А. С. Шестаков²
МЕЖДУНАРОДНОЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ЭКОСИСТЕМ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОДХОДЫ
К ПРИОРИТИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
географический факультет

²Центр морских исследований МГУ имени М. В. Ломоносова
andrei.prilipov@yandex.ru

2021–2030 гг. объявлены Генеральной Ассамблеей ООН Десятилетием восстановления экосистем, в рамках которого ожидается восстановление более 350 млн га нарушенных и деградированных земель. В статье анализируются основные международные подходы и понятия, принятые в рамках Десятилетия, обсуждаются их сходства и различия с теорией и практикой восстановления экосистем, сложившейся в России. На примере проекта PLANGEA рассмотрен опыт приоритизации территорий для восстановления на глобальном и национальном уровне, обсуждается возможность применения подобного подхода для России.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_24

На пути к Десятилетию восстановления экосистем: хронология. Предпосылки к активным действиям по восстановлению экосистем на международном уровне появились еще во время Саммита Земли в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Тогда были приняты такие основополагающие конвенции, как Конвенция о биологическом разнообразии, УМРамочная конвенция ООН об изменении климата и Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке. В 2010 г. в рамках Конвенции о биоразнообразии был согласован Стратегический план Конвенции с 20 глобальными задачами Айчи. В соответствии с задачей 15 к 2020 году предполагалось восстановить не менее 15% деградировавших экосистем в мире. Одной из крупнейших инициатив на пути к созданию Десятилетия ООН по восстановлению экосистем стал Боннский вызов¹, объявленный Международным союзом охраны природы (МСОП) и правительством Германии в 2011 г. Он подразумевал под собой глобальные усилия по восстановлению 150 млн га деградированных и обезлесенных ландшафтов к 2020 г. и 350 млн га — к 2030 г. (рис. 1).

В 2015 г. было определено 17 Целей устойчивого развития (далее — ЦУР) ООН, которые также легли в основу Десятилетия по восстановлению экосистем. В первую очередь на восстановление экосистем направлены ЦУР 14 и ЦУР 15 (сохранение морских экосистем и сохранение экосистем суши, соответственно).

В 2019 г. на Генеральной ассамблее ООН была принята Резолюция о Десятилетии, утвердившая сроки его проведения с 2021 по 2030 гг. в целях поддержки и расширения, в рамках существующих структур и имеющихся ресурсов, масштабов усилий по недо-

¹ <https://www.bonnchallenge.org/>



Рис. 1. Основные этапы на пути к Десятилетию

пущению, остановке и обращению вспять деградации экосистем во всем мире и повышению осведомленности о важности успешного восстановления экосистем. В рамках Десятилетия ожидается восстановление более 350 млн га нарушенных и деградированных земель². Десятилетие было инициировано в период подготовки и переговоров по Глобальной рамочной программе в области биоразнообразия. Куньминско-Монреальская глобальная рамочная программа в области биоразнообразия была принята в 2022 г. и включает глобальную задачу 2, согласно которой к 2030 году должны быть восстановлены 30% деградированных экосистем в целях улучшения состояния биоразнообразия и укрепления экосистемных функций и услуг, экологической целостности и связности.

Согласно Резолюции о Десятилетии, государствам — членам ООН рекомендуется:

а) содействовать укреплению политической воли, мобилизации ресурсов, наращиванию потенциала, научным исследованиям и сотрудничеству, а также, в случае необходимости, приданию импульса деятельности по восстановлению экосистем на глобальном, региональном, национальном и местном уровнях;

б) обеспечить учет необходимости восстановления экосистем в политике и планах по решению текущих национальных приоритетных задач и проблем в области развития, обусловленных деградацией экосистем морских и сухопутных районов, утратой биоразнообразия и уязвимостью к изменению климата, создавая тем самым возможности для повышения экосистемами своего адаптационного потенциала, и возможности для сохранения и улучшения условий жизни для всех;

с) разрабатывать и осуществлять, сообразно обстоятельствам, политику и планы по предотвращению деградации экосистем в соответствии с национальным законодательством и приоритетами;

д) развивать и укреплять существующие инициативы по восстановлению в целях распространения передового опыта;

² <https://www.decadeonrestoration.org/>

е) содействовать получению взаимоусиливающего эффекта и целостному видению путей выполнения международных обязательств и решения национальных приоритетных задач путем восстановления экосистем;

ф) содействовать обмену опытом и передовой практикой в области сохранения и восстановления экосистем.

В 2024 г. в России начал работу Национальный комитет Десятилетия, целями которого должно стать создание эффективной системы управления, мобилизация необходимых ресурсов, интенсификация действий по восстановлению экосистем и .

Основные понятия и термины Десятилетия. В соответствии с подходами, принятыми в рамках Десятилетия, восстановление экосистем (ecosystem restoration) — это содействие искусственному или естественному восстановлению экосистем (the recovery of ecosystems), которые уже были деградированы или разрушены, а также сохранение экосистем, которые до сих пор остаются в естественном состоянии³. Отметим, что в этой формулировке есть четкое указание на то, что сохранение ненарушенных экосистем также является частью их восстановления.

Целевым результатом восстановления экосистем можно считать остановку или обращение вспять процессов деградации, увеличение объемов оказываемых экосистемных услуг и восстановление биоразнообразия. В зависимости от целей к категории восстановленных могут быть отнесены экосистемы, отвечающие трем основным критериям (или пришедшие к своему восстановленному состоянию тремя разными путями): 1) ранее деградированные природные экосистемы, улучшившие свое состояние в ходе возобновления, в т. ч. и с участием человека (например, посадка деревьев и кустарников на участках, лишенных растительности в результате антропогенной деятельности); 2) трансформированные, деградировавшие экосистемы (прежде всего, сельскохозяйственные угодья и урбанизированные территории), ставшие в результате специальных мероприятий более устойчиво функционирующими (например, городское озеленение территорий и повышение плодородия сельскохозяйственных районов); 3) трансформированные экосистемы, возвратившиеся в состояние, более близкое к природному, в случае, если это не нарушает права и потребности людей, зависящих от этой экосистемы (например, восстановление мангровых лесов).

Очевидно, что из указанных траекторий наиболее понятна вторая группа процессов, так как она предполагает непосредственное участие человека в процессе улучшения свойств экосистем, а также содержит прямое указание на типы экосистем, которые могут быть восстановлены. Первая и третья группа предполагает, что человек может содействовать, а может и просто не мешать процессам, происходящим в экосистемах. Так, из процессов, происходящих в российских реалиях, лесовосстановление на вырубках и гарях, по-видимому, надо отнести к первому критерию, а зарастание сельскохозяйственных земель в депопулирующих районах Центральной России — к третьему.

В рамках Десятилетия приоритетное внимание уделяется восстановлению восьми типов экосистем: 1) обрабатываемые земли, 2) леса, 3) пресноводные экоси-

³ <https://www.decadeonrestoration.org/>

стемы, 4) злаковники, кустарники и саванны, 5) горные экосистемы, 6) прибрежные и морские экосистемы, 7) торфяники, 8) водно-зеленая инфраструктура городских территорий, определяемых в соответствии с Глобальной типологией экосистем 2.0 [7].

Глобальная типология экосистем МСОП представляет собой иерархическую систему классификации, которая на своих верхних уровнях определяет экосистемы по их сходным экологическим функциям, а на нижних уровнях различает экосистемы с контрастными наборами видов, выполняющими эти функции. На самом верхнем уровне выделяется 5 царств: 1) наземные; 2) подземные; 3) внутренние водоемы (включая соленые воды на суше); 4) морские; 5) атмосфера. На втором уровне выделяется 25 биомов, среди которых, например, тропические/субтропические леса или пустыни, пелагические и глубоководные морские бентосные биомы, подземные пресноводные биомы, а также антропогенные биомы. На третьем уровне биомы подразделяются на 108 экологических функциональных групп. Таким образом, выделенные восемь типов экосистем примерно соответствуют уровню биомов или их совокупностям (разные лесные биомы), хотя в самой классификации в таких формулировках названия экосистем не встречаются.

При восстановлении экосистем в рамках Десятилетия рекомендуется применять следующие пять подходов, которые в широком смысле могут быть интерпретированы как обобщенные технологии восстановления экосистем (табл. 1):

Конкретные мероприятия по восстановлению определяются индивидуально и могут включать в себя как инженерно-технические проекты, так и информационно-просветительскую деятельность, но все они должны способствовать достижению поставленных целей и отвечать десяти принципам Десятилетия [5]:

1) содействие достижению целей устойчивого развития ООН и целей конвенций Рио;

2) обеспечение инклюзивного и основанного на широком участии управления, социальной справедливости и равноправия с начала и в течение всего процесса восстановления;

3) включение широкой совокупности восстановительных мероприятий;

4) направленность на достижение наивысшего уровня восстановления биоразнообразия, здоровья и целостности экосистем, а также благополучия человека;

5) ориентация на устранение прямых и косвенных причин деградации экосистем;

6) содействие обмену всеми видами знаний и их интеграции на протяжении всего процесса восстановления;

7) наличие четко определенных кратко-, средне- и долгосрочных экологических, культурных и социально-экономических целей и задач;

8) осуществление мероприятий с учетом местных экологических, культурных и социально-экономических условий;

9) проведение мониторинга, оценки и адаптивного управления на протяжении всего срока действия проекта или программы, а также после его завершения;

10) проведение политики и принятие мер, способствующих долгосрочному прогрессу проектов и программ, воспроизведению и расширению их масштабов.

Таблица 1

Обобщенные технологии восстановления экосистем

Обобщенная технология	Характеристика основных процессов	Предполагаемое целевое состояние восстановленных экосистем
Экологическая реставрация	Содействие восстановлению наземных, пресноводных или морских экосистем, которые были деградированы, повреждены или уничтожены	Переход от деградировавшей экосистемы к референтной экосистеме, которая может быть природной или антропогенной
Восстановление лесов и ландшафтная реставрация	Существенное сокращение или полная остановка деградации почв, сельскохозяйственных территорий, лесов и водосборных бассейнов и восстановление их экологической функциональности	Восстановление разнообразия экологических, социальных и экономических функций и создание ряда экосистемных товаров и услуг, которые приносят пользу множеству заинтересованных сторон
Восстановление продуктивности водных экосистем	Сохранение структуры и функций экосистем для обеспечения продовольствием при минимизации воздействия, а не восстановление экосистем до исходного состояния, в котором они находились до начала производственной деятельности	Восстановление крупных океанических/морских экосистем путем изменения методов лова и модификации орудий лова для восстановления рыбных запасов и снижения негативного воздействия на окружающую среду.
Восстановительное земледелие	Сельское хозяйство, использующее сохранение свойств почвы как отправную точку для планирования экономической активности	Усиление экологических, социальных и экономических аспектов устойчивого производства продуктов питания. Восстановление углерода в почве, здоровья почвы и биоразнообразия
Восстановление дикой природы (rewilding)	Восстановление естественной экосистемы после серьезного антропогенного нарушения путем восстановления природных процессов и полной или почти полной пищевой сети на всех трофических уровнях в качестве самоподдерживающейся и устойчивой экосистемы с использованием биоты, которая присутствовала бы в ней, если бы нарушения не произошло	Нет заранее определенной конечной точки. Функционирующие местные экосистемы с полностью занятыми трофическими уровнями, управляемые природой в различных ландшафтных масштабах

Источник: [5] с дополнениями авторов

Приведенные выше базовые, термины, понятия и принципы формируют систему координат, в которой в рамках Десятилетия должны осуществляться проекты разного масштаба: глобального, регионального, национального и локального. Однако даже их поверхностное сравнение с российской практикой восстановления демонстрирует необходимость установления терминологических и содержательных корреляций между сложившимися подходами к постагрогенному, посттехногенному и послепожарному восстановлению экосистем, восстановлению водных экосистем и биологического разнообразия почв. Отметим, что именно о таких обобщенных типах восстановления можно судить по анализу публикаций с ключевыми словами «восстанов-

ление экосистем» в российской поисковой системе eLibrary, где по этому запросу система выдает более 40 тыс статей и диссертаций. Среди типов экосистем по числу публикаций лидируют лесные [1,2], пастбищные [3], аридные, арктические и степные, существенно меньшее количество работ посвящено водным экосистемам и вопросам восстановления водно-зеленой инфраструктуры урбанизированных территорий.

Приоритизация на глобальном и национальном уровне территорий для восстановления экосистем. Следуя руководящим принципам Десятилетия, решение задачи восстановления экосистем требует инвентаризации данных, как минимум, о состоянии и степени нарушенности экосистем. На глобальном и национальном уровнях это предполагает анализ разнородных источников информации и использование процедур геоинформационного моделирования. В 2020 г. Международным институтом устойчивого развития (IIS) была создана многокритериальная модель PLANGEA, которая легла в основу онлайн-платформы для выявления приоритетных для восстановления участков экосистем суши. За нарушенные в работе были приняты все экосистемы, превращенные из естественных в сельскохозяйственные угодья — пашни или пастбища. Для инвентаризации нарушенных экосистем и их возможного целевого состояния были составлены две карты — 1) современного использования земель и наземного покрова (по данным ESA CCI) [6] за 1992–2015 гг.; 2) исходных экосистем — за них были приняты типы экосистем, которые занимали наибольший процент площади в пределах расчетного ареала, или, в случае, если природной растительности не сохранилось, тот тип экосистем, который был показан на данной территории на карте экорегионов [4]. Геопространственные данные проекта доступны на его официальном сайте.

Для выявления территорий, приоритетных для восстановления, в работе применяется авторская многокритериальная модель оценки эффективности восстановления экосистем PLANGEA с позиций сохранения биоразнообразия, митигации климатических изменений и стоимости мероприятий [9].

Используя геопространственные данные модели, мы рассчитали площадь нарушенных экосистем, нуждающихся в восстановлении в каждом из субъектов Российской Федерации, проранжировали субъекты по этому показателю, а также определили в каких из субъектов, по мнению авторов исследования, находятся экосистемы, восстановление которых будет наиболее эффективно с точки зрения сохранения биоразнообразия и смягчения последствий изменения климата.

С учетом исходной гипотезы исследования, нарушенные экосистемы занимают максимальную долю от территорий субъектов, расположенных в лесостепной и степной зонах России (рис. 2).

В то же время, из-за того, что за нарушенные в исследовании были приняты исключительно экосистемы, измененные в результате распахки, к категории благополучных оказались отнесены все лесные, лесотундровые и тундровые субъекты.

Из-за этих же причин с точки зрения эффективности для сохранения биоразнообразия и митигации климатических изменений наиболее нуждаются в восстановлении территории следующих субъектов (в скобках указана доля территории субъекта,

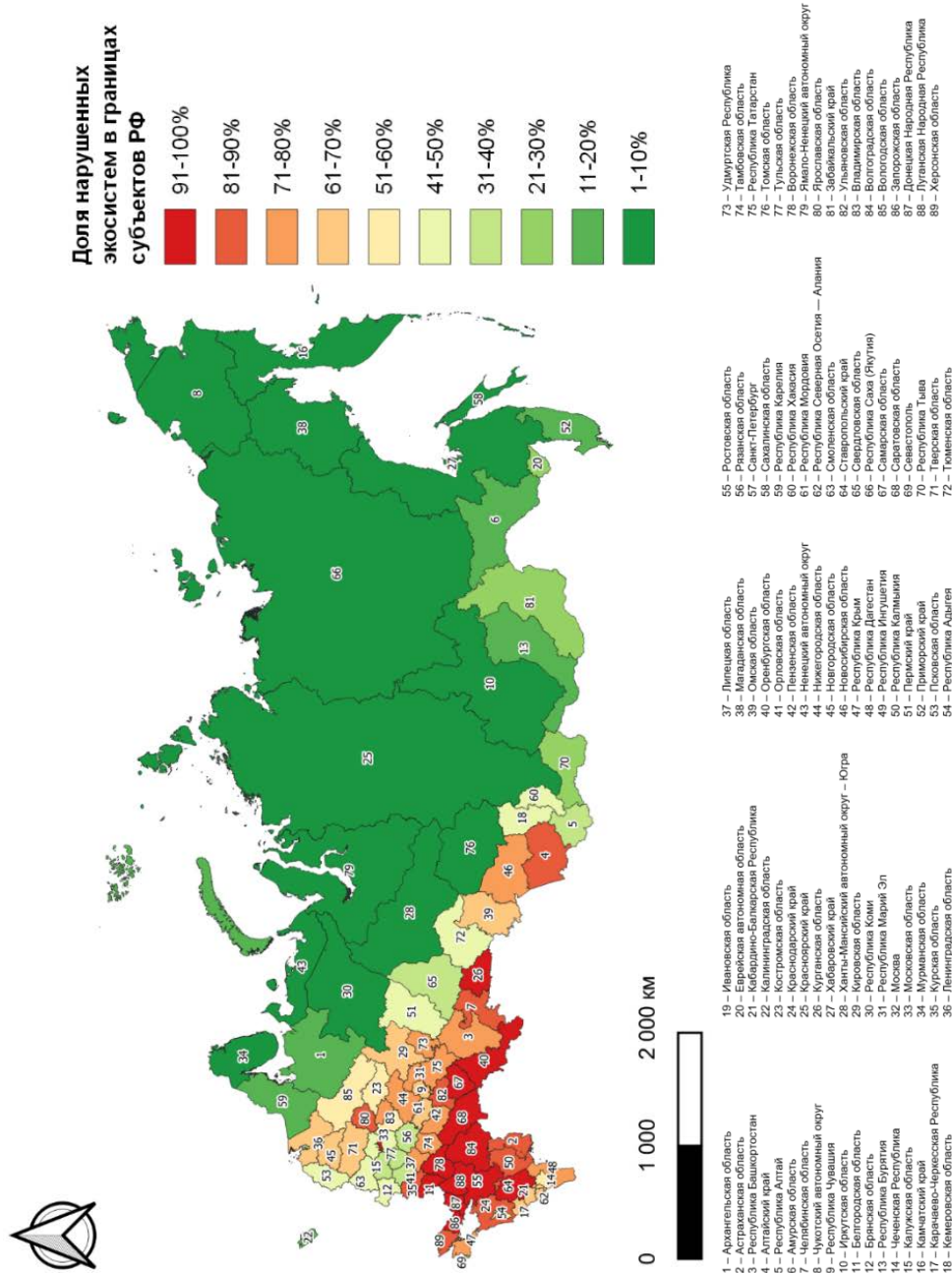


Рис. 2. Доля нарушенных экосистем в субъектах Российской Федерации. Составлено по данным [9]

нуждающаяся в восстановлении): Оренбургская область (99,9), Ставропольский край (99,4), Самарская область (99,3), Курганская область (98,3), Ростовская область (97,7), Саратовская область (96,8) Белгородская область (96,4), Воронежская область (92,4), Волгоградская область (92,4), Республика Калмыкия (92,3). Исходя из общих соображений, получившийся список субъектов вполне логичен, учитывая общий уровень трансформации экосистем в степной зоне и может быть принят как один из возможных подходов для определения территорий, нуждающихся в восстановлении из-за последствий сельскохозяйственной деятельности, хотя и нуждается в корректировках по месту и конкретным ландшафтным условиям, которые не брались во внимание при моделировании. В то же время, нельзя не отметить, что эти значительная часть этих территорий в настоящее время вовлечена в хозяйственное использование и дает неплохие урожаи, а ее восстановление до состояния естественных экосистем вряд ли будет благоприятным с точки зрения интересов местного населения и экономики страны. Однако отметим, что опыт подобного исследования интересен для формирования методических подходов к оценке объемов и мест потенциального восстановления земель, испытывающих воздействие сельского хозяйства.

Закключение. В рамках Десятилетия ООН по восстановлению экосистем международным научным сообществом сформулированы основные термины и понятия, разработаны подходы и обобщенные технологии восстановления, критерии соответствующих проектов, предложены алгоритмы выделения территорий, приоритетных для восстановления. Сравнение российских подходов к восстановлению экосистем, отраженных в научных публикациях и практике реализации проектов, свидетельствует о большом накопленном опыте, но и явно выраженных различиях, прежде всего, касающихся приоритетности экосистем для восстановления. Отдельную задачу представляет собой инвентаризация нарушенных экосистем на национальном уровне, требующих восстановления, которая не может быть решена без использования геопространственных данных и разработки специальных исследовательских моделей. Представляется, что важной задачей также может быть синхронизация терминологии и критериев международных и российских подходов к реализации проектов восстановления, а также разработка иерархии проектов на, как минимум, трех пространственных уровнях — локальном (конкретные местообитания или их совокупности, а также зон ответственности отдельных хозяйствующих субъектов), региональном (субъекты федерации) и национальном.

Литература

1. Восстановление лесных экосистем после пожаров / А. Н. Куприянов, И. Т. Трофимов, В. И. Заблоцкий и др. Кемерово : Кемеровская региональная экологическая общественная организация "Ирбис", 2003. 262 с. ISBN 5-85905-266-9. ISBN 5-7691-1728-1. (2006).
2. Лиханова И. А., Арчегова И. Б., Хабибуллина Ф. М. Восстановление лесных экосистем на техногенно нарушенных территориях Севера / Российская акад. наук, Ураль-

ское отделение, Коми науч. центр, Ин-т биологии. Екатеринбург : Ин-т биологии Коми НЦ УрО РАН.

3. Шамсутдинов З. Ш., Шамсутдинова Э. З. Биогеоценология восстановления нарушенных аридных пастбищных экосистем // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2007. № 3. С. 37–39.

4. Dinerstein E. et al. An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm // Bioscience. 2017. 67. P. 534–545.

5. Ecosystem restoration for people, nature and climate. Rome, Italy : UNEP, 2021. URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb4927en>

6. European Space Agency. Climate Change Initiative (ESA CCI). URL: <https://www.esa-landcovercci.org/?q=node/158>

7. IUCN Global Ecosystem Typology 2.0 : descriptive profiles for biomes and ecosystem functional groups. Gland : IUCN. DOI 10.2305/IUCN.CH.2020.13.en

8. Principles for ecosystem restoration to guide the United Nations Decade 2021–2030. Rome, Italy : UNEP, 2021. URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb6591en>

9. Strassburg B. B. N., Iribarrem A., Beyer H. L. et al. Global priority areas for ecosystem restoration // Nature. 2020. 586. P. 724–729. DOI 10.1038/s41586-020-2784-9

A. S. Prilipov¹, O. A. Klimanova¹, A. S. Shestakov²

**INTERNATIONAL DECADE OF ECOSYSTEM RESTORATION:
BASIC CONCEPTS AND APPROACHES TO PRIORITIZING TERRITORIES**

¹Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography

²Lomonosov Moscow State University Marine Research Center
andrei.prilipov@yandex.ru

2021–2030 have been declared by the UN General Assembly as the Decade of Ecosystem Restoration, within the framework of which more than 350 million hectares of disturbed and degraded lands are expected to be restored. The article analyzes the main international approaches and concepts adopted within the framework of the Decade, discusses their similarities and differences with the theory and practice of ecosystem restoration that has developed in Russia. Using the PLANGEA project as an example, the experience of prioritizing territories for restoration at the global and national levels is examined, and the possibility of applying a similar approach to Russia is discussed.

Н. А. Черных, Ю. И. Баева

ПРАВОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗМЕЩЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА В СТРАНАХ БРИКС

Московский государственный институт
международных отношений (университет) Министерства иностранных дел
Российской Федерации (МГИМО МИД России)
n.chernih@inno.mgimo.ru

Проведен краткий обзор и сравнительный анализ норм экологического законодательства, установленных в пяти странах БРИКС (Бразилии, России, Индии, Китая и ЮАР) в области ответственности за причинение вреда окружающей среде и реализации механизмов его возмещения. Выявлены особенности национальных подходов к определению и оценке экологического ущерба. Показано, что общие принципы ответственности за нарушения в сфере природопользования в той или иной степени присущи всем странам — участницам объединения, несмотря на различный характер их социального и экономического развития. На примере Российской Федерации рассмотрены проблемы методического обеспечения исчисления размера вреда и действия механизмов его взыскания. Выявлено, что в государственных структурах всех рассматриваемых стран, за исключением Индии, нет специализированного органа, обладающего юрисдикцией в сфере привлечения к ответственности за причинение экологического вреда. Данная проблема требует скорейшего решения, поскольку создание такого органа позволило бы более эффективно (объективно и оперативно) рассматривать дела, касающиеся защиты окружающей среды и обеспечения возмещения причиненного ей вреда.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_25

Введение

Хозяйственная деятельность человека является потенциальным источником негативного воздействия на все компоненты окружающей природной среды, любое антропогенное воздействие может причинить ей вред. Ведущая роль в реализации механизмов минимизации экологического вреда отводится единой государственной политике, направленной на сохранение благоприятного состояния экосистем. Создание эффективного правового механизма ответственности за качество окружающей среды является в настоящее время ключевой задачей, для решения которой необходимо реализовать принцип «загрязнитель платит».

Одной из форм юридической ответственности за экологические правонарушения является возмещение причиненного вреда. При этом предусматривается возложение на причинителя вреда бремени доказывания обстоятельств, освобождающих от ответственности (презумпция вины для предприятий — источников повышенной опасности), а также обязанность возместить его в полном объеме независимо от привлечения к другим видам юридической ответственности.

В настоящее время, как в России, так и за рубежом нет единой позиции в определении понятия «экологический ущерб». Кроме этого, близкие в смысловом отношении термины «вред» и «ущерб» недостаточно четко разграничены и часто использу-

ются как синонимы. Однако, несмотря на схожесть, между ними существует различие. Так как экологический ущерб является частью вреда, подлежащей исчислению, то его следует рассматривать как денежную оценку причиненного окружающей среде вреда.

Несмотря на наличие в правовых системах многих стран норм о деликтной ответственности и обязательствах вследствие причинения вреда в сфере охраны окружающей среды, возмещение экологического вреда и восстановление качества окружающей среды до сих пор в значительной степени осуществляются за счет государства, являясь немалой расходной статьей государственного и местных бюджетов [2].

Кратко остановимся на обзоре правового регулирования возмещения вреда, причиненного окружающей среде, в пяти странах БРИКС (Бразилии, России, Индии, Китая и ЮАР). В каждой из стран — участниц объединения имеются свои правовые особенности и эколого-правовая специфика, обусловленные менталитетом населения, уровнем и характером социального, экономического и правового развития. Указанные факторы влияют на методы и способы организации рационального использования природных ресурсов, а также на общественное отношение к ним.

Цель представленного исследования заключается в оценке эколого-правовых особенностей регулирования возмещения вреда, причиненного окружающей среде, в ряде стран, входящих в состав БРИКС.

Для достижения поставленной цели предполагается решение следующих **задач**:

- проведение анализа природоохранного законодательства стран БРИКС в контексте развития института возмещения экологического вреда;
- выявление общих принципов юридической ответственности за причиненный окружающей среде вред.

Исследование

Российская Федерация. В России регламентация оценки экологического ущерба осуществляется Федеральным законом от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»¹, федеральными методиками по расчету размера вреда, причиняемого отдельным компонентам и объектам природной среды, а также постановлениями Верховного Суда и Конституционного Суда.

Федеральный закон № 7-ФЗ закрепляет понятие «вреда окружающей среде» как «негативного изменения окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшего за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов» (ст. 1); устанавливает обязанность полного возмещения вреда окружающей среде (ч. 1 ст. 77); определяет два подхода к оценке размера экологического вреда: в соответствии с утвержденными в установленном порядке таксами и методиками исчисления, а при их отсутствии, исходя из фактических затрат на восстановление нарушенного состояния окружающей среды (ч. 3 ст. 77).

¹ <https://base.garant.ru/12125350/?ysclid=m38rks3olv388366345> (дата обращения: 9.11.2024).

В нашей стране широко практикуется таксовый расчет при оценке размера экологического ущерба, так как он достаточно удобен и прост в использовании. Большинство официально признанных методик, применяемых в России, построено по таксовому принципу.

Данные, приведенные в табл. 1, иллюстрируют значительный рост платежей в бюджет РФ по искам о возмещении экологического ущерба за последние три года (2021–2023).

Таблица 1

Динамика поступления платежей по искам о возмещении экологического ущерба в основные прямые доходы консолидированного бюджета от природных ресурсов и природопользования в Российской Федерации, млрд руб.

Вид дохода	Годы					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Платежи по искам о возмещении вреда, причиненного окружающей среде	1,73	2,30	2,42	151,99	76,72	52,03

Источник: данные Федерального казначейства²

Однако, несмотря на значительный прогресс в развитии института возмещения вреда окружающей среде в последние годы, единые методические принципы и стандарты оценки экологического ущерба, признанные государством, отсутствуют. Данное обстоятельство приводит к тому, что вновь созданные документы и документы, разработанные в более раннее время, часто содержат несовместимые между собой методические подходы. Серьезной проблемой, вытекающей из существующего положения, является невозможность оспаривания в суде экономически необоснованных такс и приемов расчета ущерба [3; 4].

Федеративная Республика Бразилия. Ведущим законом Бразилии в области охраны окружающей среды является Федеральный закон от 31.08.1981 № 6938 «О национальной экологической политике» (National Environmental Policy)³, закрепляющий механизм формирования, реализации и защиты прав на использование природных ресурсов. Закон указывает на важность распространения информации и формирования осведомленности общественности о необходимости сохранения качества окружающей среды, экологического баланса и возмещения экологического ущерба (ст. 4), а также предусматривает обязанность загрязнителя, независимо от наличия вины, возместить вред, нанесенный окружающей среде (ст. 14). Закон определяет термин «загрязнение» как ситуация, при которой любое физическое или юридическое лицо напрямую или косвенно ответственно за деятельность, приведшую к ухудшению состояния окружающей среды (ст. 3).

² https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/ ; https://www.mnr.gov.ru/docs/proekty_pravovykh_aktov/ (дата обращения: 9.11.2024).

³ <https://www.passeidireto.com/arquivo/95525843/1-politica-nacional-de-meio-ambiente-lei-6938-1981> (дата обращения: 11.11.2024).

Индийская Республика. В Индии в значительной степени сформированы эффективные инструменты проведения государственной экологической политики в реальный сектор экономики, включающие, в числе прочих механизмы юридической ответственности и способы компенсации экологического ущерба. Закон от 02.06.2010 «О национальном зеленом трибунале» (National Green Tribunal — NGT Act)⁴ предусматривает ответственность собственника предприятия за выплату компенсаций по принципу «загрязнитель платит» при нанесении вреда окружающей среде (ст. 17 главы 3).

Китайская Народная Республика. В обновленном в 1989 году Законе КНР «Об охране окружающей среды» (Environmental Protection Law of the People's Republic of China, 1979)⁵, закреплены вопросы, связанные с механизмом возмещения экологического вреда (ст. 64 главы 6). Новой редакцией закона 2015 года предусматривается ужесточение наказания для загрязнителей.

Закон от 26.12.2009 «О деликтной ответственности» (Tort Law of the People's Republic of China)⁶ указывает на необходимость наступления деликтной ответственности для тех, кто причиняет вред окружающей среде. При возникновении спора, загрязнитель принимает на себя бремя доказывания в вопросах своей причастности к предмету спора, наличия причинно-следственной связи между его поведением и причиненным вредом, а также в вопросах несения ответственности за экологические правонарушения или уменьшения ответственности при отдельных обстоятельствах. За ущерб, причиненный в результате загрязнения окружающей среды, загрязнитель несет солидарную ответственность с третьим лицом даже при условии того, что этот вред был нанесен по вине третьего лица.

В настоящее время законодательством страны не предусмотрены компенсационные и восстановительные меры, это значительно затрудняет восстановление окружающей среды [5].

Южно-Африканская Республика. Отличительная особенность правового регулирования области реабилитации природной среды в странах Африки — наличие критерия целесообразности восстановления [1]. В Национальном законе ЮАР от 27.11.1998 № 107 «Об охране окружающей среды» (National Environmental Management Act — NEMA)⁷ отмечено, что восстановление считается целесообразным только в тех случаях, когда уровень загрязнения приводит к значительному риску, угрозе здоровью людей или состоянию окружающей среды. Закон закрепляет принцип «загрязнитель платит», предусматривая, что затраты на устранение загрязнения, экологической деградации и последующего влияния на здоровье должны быть оплачены теми, кто отвечает за нанесение вреда окружающей среде (п. 4 раздела 2 главы 1). В законе приводится широкий перечень лиц, которые могут быть привлечены к ответственности по

⁴ <https://greentribunal.gov.in/national-green-tribunal-act-2010-no-19-2010> (дата обращения: 15.11.2024).

⁵ <http://www.china.org.cn/english/environment/34356.htm> (дата обращения: 15.11.2024).

⁶ https://english.www.gov.cn/archive/laws_regulations/2014/08/23/content_281474983043584.htm (дата обращения 14.11.2024).

⁷ <https://www.gov.za/documents/national-environmental-management-act> (дата обращения: 14.11.2024).

возмещению экологического вреда (раздел 28 части 1 главы 7). Все загрязнители разделены на три категории: собственник, пользователь (арендатор) и третьи лица, по вине которых могут произойти загрязнение или деградация окружающей среды.

Заключение

В нормативно-правовой базе природоохранного законодательства всех рассмотренных стран заложены общие принципы необходимости привлечения к ответственности за причинение вреда окружающей среде. Выстраиваемое странами эколого-экономическое регулирование предполагает, с одной стороны, использование жесткой системы административных предписаний, нормативных и технических требований и наказаний за их нарушение, с другой стороны, создание системы экономических стимулов для природопользователей по внедрению в свою деятельность принципов учета и минимизации экологических рисков.

При этом для оперативного и эффективного разрешения возникающих в настоящее время многочисленных экологических споров необходима специализированная структура с административным и процессуальным механизмом привлечения к ответственности за экологические правонарушения, в ведение которой входили бы вопросы установления фактов причинения вреда и способов его возмещения. К сожалению, в России, Бразилии, Китае и ЮАР такая структура отсутствует; дела в области охраны окружающей среды рассматриваются общей судебной системой. В Индии в 2010 году создан Национальный Зеленый Трибунал, деятельность которого направлена на разрешение экологических споров, что значительно снижает бремя судебных разбирательств в данной сфере.

Литература

1. Ахмадиев А. К., Экзарьян В. Н. Реабилитация природной среды в зарубежных странах: опыт правового регулирования // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2020. № 63(4). С. 88–97.
2. Брославский Л. И. Ответственность за окружающую среду и возмещение экологического вреда: законы и реалии России, США и Евросоюза : Монография. М. : ИНФРА-М, 2018. 229 с.
3. Медведева О. Е. Задачи оценки экологического ущерба в Арктической зоне // Арктика и Север. 2015. № 18. С. 131–147.
4. Черных Н. А., Баева Ю. И. Вред, причиненный окружающей среде: Виды и оценка // ESG-трансформация как вектор устойчивого развития : в 3 томах / под общ. ред. К. Е. Турбиной и И. Ю. Юргенса. Том 1. М. : Аспект Пресс, 2022. С. 503–550.
5. Ma C. Problems of Chinese Environmental Criminal Law and Its Developing Trend // International Conference on Global Economy, Commerce and Service Science (GECSS 2014). Atlantis Press, 2014. P. 183.

N. A. Chernykh, Yu. I. Baeva

**LEGAL PECULIARITIES OF ENVIRONMENTAL DAMAGE
COMPENSATION IN THE BRICS COUNTRIES**

MGIMO University

n.chernih@inno.mgimo.ru

A brief review and comparative analysis of the norms of environmental legislation established in five BRICS countries (Brazil, Russia, India, China and South Africa) in the field of liability for environmental damage and the implementation of mechanisms for its compensation is carried out. The specific features of national approaches to the definition and assessment of environmental damage are revealed. It is shown that the general principles of liability for violations in the field of environmental management are to a greater or lesser extent inherent in all member countries of the association, despite the different nature of their social and economic development. On the example of the Russian Federation, the problems of methodological support for calculating the amount of damage and the mechanisms of its recovery are considered. It is revealed that in the governmental structures of all the countries under consideration, except for India, there is no specialized body with jurisdiction in the field of bringing to responsibility for environmental damage. This problem needs to be solved as soon as possible, since the creation of such a body would allow to consider cases related to environmental protection and ensuring compensation for the damage caused to the environment more effectively (objectively and promptly).

Секция 3

**ТЕХНОЛОГИИ И АЛГОРИТМЫ
В РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Ж. В. Атутова, Е. А. Распутина
**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ
ДАННЫХ В ОЦЕНКЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОСЛЕПОЖАРНОГО
ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ**

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН
atutova@mail.ru, elenaistoma@gmail.com

В период 2014–2022 гг. проведены мониторинговые полевые наблюдения за лесовозобновлением на гарях урочища Бадары (Тункинский район, Республика Бурятия). Были получены данные, характеризующие динамику послепожарного восстановления древостоя, кустарникового яруса и живого напочвенного покрова. Результаты геоботанического изучения ключевых участков были сравнены с показателями вегетационного индекса NBR, характеризующего нарушенность территории пожарами. Для анализа осуществлена выборка значений NBR, соответствующих дате проведения полевых исследований, а также значений на контрольные даты периодов начала, середины и окончания фаз вегетации. На основе полученного массива данных проведена пространственно-временная оценка влияния геоботанических параметров на изменение показателей NBR. Это позволило выявить сезоны года, полученная дистанционная информация в период которых наиболее соответствовала натурной обстановке. Полученные результаты применимы как для расширения возможностей применения спектрального индекса NBR, так и для решения задач калибровки геоданных.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_26

Введение. Особо перспективным направлением экологических исследований является долгосрочное натурное изучение процессов демутиации на трансформированных территориях. Применение результатов, характеризующих динамику восстановительных процессов, позволяет решить ряд актуальных проблем, например, такой как оценка направленности процесса послепожарного лесовосстановления. Авторами статьи, начиная с 2014 г., проводятся мониторинговые натурные наблюдения на тестовых участках гарей Юго-Западного Прибайкалья. Накопленный за десятилетний период геоботанический материал позволил сделать первые выводы об особенностях возобновления сосновых лесов исследуемого района [6]. Возможность привлечения полученных результатов для анализа перспектив послепожарного возобновления светлохвойных лесов региона в целом побудила прибегнуть к дополнительным

средствам анализа пирогенной трансформации. Особым инструментом в наблюдении за восстановительными процессами являются геоинформационные материалы, дистанционно выявляющие нарушенные пожарами территории и указывающие на степень пирогенной трансформации. В нашем исследовании выбор был сделан в пользу использования вегетационных индексов — геоданных, характеризующих запас фитомассы. Был рассмотрен наиболее чувствительный к пирогенному воздействию нормализованный индекс гарей (NBR), который отличается наибольшим диапазоном показателей, характеризующих послепожарную нарушенность, а также длительным временным интервалом от момента возгорания до достижения допожарных значений [5].

Цель работы заключалась в выявлении зависимости между динамикой геоботанических параметров восстанавливающихся фитоценозов и показателями NBR для определения факторов, способствующих повышению информативности геоданных. Учитывая зависимость индекса от фенологических особенностей, зависящих от сезонов года, предстояло: 1) определить периоды вегетации, значения NBR во время которых отличаются наилучшей достоверностью; 2) на основе анализа геоботанического материала выявить естественные факторы, игнорирование которых повысит риск получения недостоверных результатов оценки геоданных.

Материалы и методы. На территории урочища Бадары (Тункинский район, Республика Бурятия) рассмотрены ключевые участки, отличающиеся степенью трансформации в ходе пожара 2010 г. Площадка А — краевая часть гари с оставшейся на корню некоторой части древостоя; площадка Б — территория прохождения основного фронта пожара. Фоновая (незатронутая возгораниями) площадка представлена сосновыми с единичными экземплярами лиственницы и березы с подлеском из рододендрона даурского зеленомошно-травяно-кустарничковыми лесами. В ходе геоботанических наблюдений анализировались особенности подростa, а также характеристика кустарничкового яруса и травяно-кустарничкового покрова. Временной ряд натурных наблюдений охватывает период 2014–2022 гг.

Источником геоданных послужили космические снимки Landsat 7 с разрешением 30 м. Проведен расчет спектрального индекса NBR с использованием платформы Google Earth Engine. Были привлечены снимки (из коллекции USGS Landsat 7 Level 2, Collection 2, Tier 1), доступные для исследуемых участков в период с 2009 (допожарный показатель) до 2022 г. Для расчета применялись яркостные значения пикселей, в которые попадают участки исследования. В ходе обработки нормализованным индексом пиксели принимают значения от -1 до 1. Показатели, близкие к 1, характеризуют территорию, незатронутую пожарами, близкие к 0, свидетельствуют о нарушении возгораниями [1, 8]. Для каждой точки наблюдений было получено около 200 значений NBR. Учитывая зависимость геоботанических характеристик от сезонов вегетации [7, 8], для каждого года осуществлялась выборка NBR, полученных в интервале 01.12–28.02; 15.04–15.06; 16.06–15.08 и 16.08–15.10 в период 2009–2022 гг. Также были отобраны значения, соответствующие датам натурных наблюдений на ключевых участках. Всего было получено 492 значения NBR безоблачного периода.

Разновременной геоанализ особенностей демутиации осуществлялся с помощью разностного нормализованного индекса гарей (dNBR), где в качестве вычитаемого использовалось значение NBR, рассчитанное для исследуемого периода. Значения dNBR меньше 0,1 свидетельствовали об отсутствии возгораний; в интервале от 0 до 0,16 — о низкой степени; от 0,16 до 0,3 — о средней степени; более 0,3 — о высокой степени огневого поражения [8].

Результаты и обсуждение. До пожара, в середине вегетационного периода 2009 г. показатели NBR на площадках А и Б имели высокие значения и составили 0,555 и 0,571 соответственно, которые после возгорания в 2010 г. снизились до 0,103 и –0,050. Показатель dNBR на площадке А составил 0,421, на площадке Б — 0,621, что в обоих случаях указывает на сильную степень поражения огнем. Дифференциация значений dNBR соответствовала натурной обстановке площадок, в разной степени пострадавших от пожара, что свидетельствует о достоверности геоданных и подтверждает правомерность их использования в выявлении недавно образованных гарей и определении степени огневого поражения.

На фоновом участке в пик вегетации в период 2009–2022 гг. наблюдался плавный ход значений NBR (рис. 1), что соотносится с натурными данными, указывающими на стабильность ландшафтных условий в отсутствие возгораний. Эталонный участок характеризуется высокой сомкнутостью сосновых крон, живой напочвенный покров скуден из-за хвойного опада. Проективное покрытие травяного покрова составляет 30 % в начале вегетационного периода и 70 % в середине. Среднее значение NBR фоновой территории в начале вегетации составило 0,545, в середине — 0,586, в конце — 0,648. Таким образом, длительная стабильность высоких фоновых значений NBR середины вегетационного периода может выступать маркером выявления ненарушенных пожарами территорий.

На гарях показатели NBR резко снизили свои значения после возгораний. При этом индекс NBR отличается закономерной разницей значений для площадок, в разной степени пострадавших от пожара (см. рис. 1). Показатели dNBR свидетельствовали о высокой степени огневого поражения как на площадке Б (0,505–0,621), так и на площадке А (0,302–0,481). Позднее, когда древесные всходы на гарях становятся «конкурентноспособными» с травяным покровом, наблюдается повышение показателей NBR и снижение значений dNBR. На гари А в 2019 и 2020 г. данные dNBR свидетельствовали о средней степени огневого поражения (0,232 и 0,223 соответственно), а в 2021–2022 гг. — о низкой степени (0,017 и 0,119 соответственно). Повышение значений NBR до столь высоких значений обусловлено увеличением геоботанических показателей подроста, а также травяного покрова. На площадке А в период наблюдений отмечен интенсивный прирост по высоте соснового подроста, средние высоты которого увеличились с 0,1 м в 2014 г. до 2,0 м в 2022 г.; проективное покрытие подроста достигло 70 %. К 2022 г. среднеметрические показатели проективного покрытия и высоты травостоя возросли до 80 % и 70 см соответственно. Индекс NBR демонстрировал увеличение своих значений, приблизившихся к допожарным, хотя ландшафтно-экологиче-

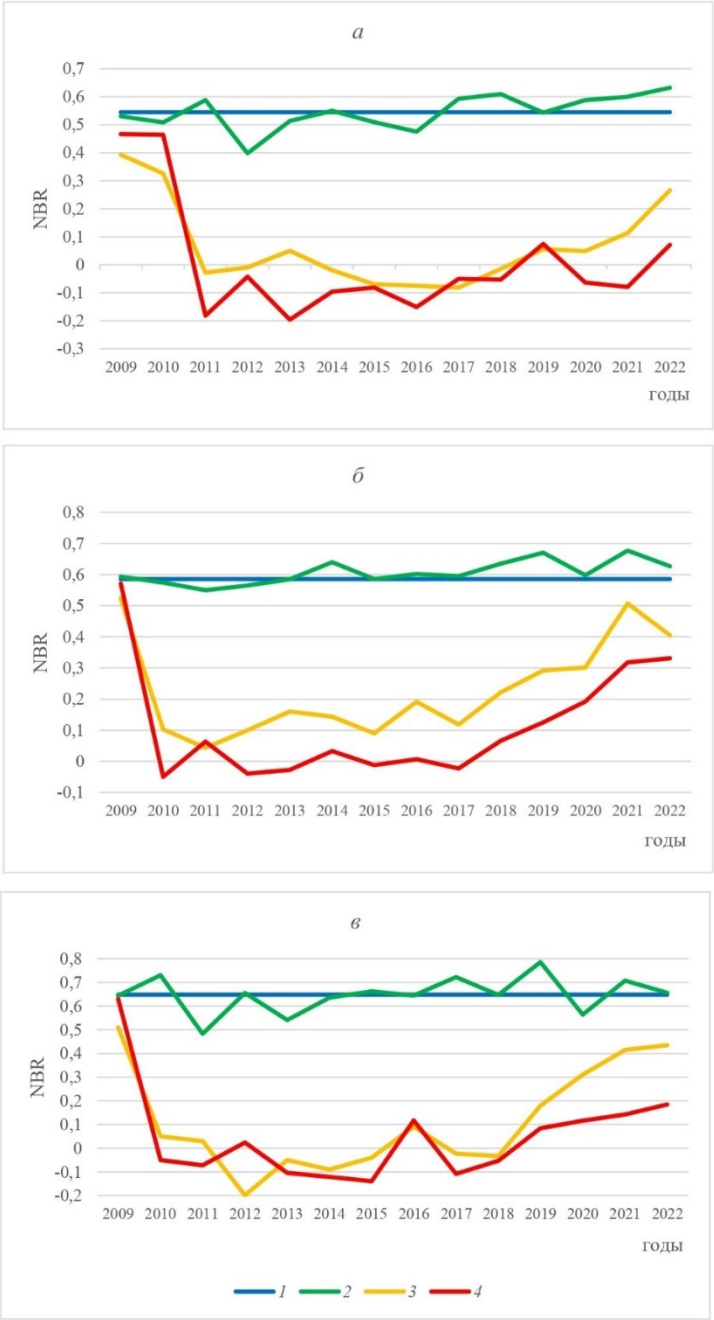


Рис. 1. Динамика показателей NBR ключевых участков урочища Бадары в различные фазы вегетации. В период 2009–2022 гг.: а — начало вегетационного периода, б — середина вегетационного периода, в — окончание вегетационного периода. Показатели NBR: 1 — среднее фоновое значение, 2 — фоновый территории, 3 — площадки А, 4 — площадки Б

ская обстановка на площадке А свидетельствовала о начальном этапе стадии зарастания гарей молодняками с хорошо развитым травяным покровом.

На гари Б с 2019 г. значения NBR середины периода вегетации имели устойчивые положительные значения, однако показатели dNBR 2019–2020 гг. оставались на уровне, характеризующим территорию, как сильно пострадавшую от пожара (0,379–0,446), и только с 2021 г. были зафиксированы значения, свойственные средней степени поражения (0,24–0,253). В ходе натурных наблюдений отмечено, что высота сосновых всходов здесь увеличилась с 0,3 м в 2016 г. до 1,8 м в 2022 г.; проективное покрытие подроста — с 15 % до 40 % соответственно. Как и на площадке А, проективное покрытие травостоя к концу наблюдений составило 80 %, его высота — 70 см. Увеличение геоботанических параметров соотносится с ростом показателей NBR, которые достигают фоновых значений, но это не может интерпретироваться как восстановление допожарного. Эффективность использования индекса снижается в процессе восстановления растительности [3].

В начале и по завершению вегетационного периода в 2010–2018 гг. показатели NBR не отражали закономерную разницу для территорий разной степени пирогенного воздействия; значения индекса на более пострадавшем участке в отдельные годы были выше аналогичных показателей территории, менее пострадавшей от пожара. Тем не менее данные dNBR свидетельствовали о сильной степени огневого поражения на обеих площадках.

Начиная с 2019 г., с увеличением высоты древесного подроста, с ростом его обилия становится заметной дифференциация значений NBR для площадок разной степени поражения огнем (см. рис. 1). Финальные показатели dNBR начала вегетационного периода на гари А интерпретировались как низкая степень огневого поражения (0,127), на гари Б — как высокая степень (0,396). По окончании периода вегетации показатели составили 0,075 (низкая степень огневого поражения) и 0,445 (высокая степень) соответственно. Очевидно, что значения NBR этих периодов вегетации на пирогенно трансформированных территориях более соответствовали натурной обстановке. При этом анализ фоновых показателей NBR свидетельствует о завышенных значениях индекса в осенний период. Поэтому, принимая во внимание влияние травяного покрова на значения индекса, очевидно, что показатели NBR начала периода вегетации наиболее достоверно соотносились с натурными данными.

Сравнивая геоданные с результатами геоботанических наблюдений, подтверждено, что индекс NBR достаточно информативен в выявлении особенностей послепожарного лесовосстановления [2, 7]. Наиболее точны в оценке экологического состояния гарей показатели индекса середины вегетационного периода, что подтверждается наименьшей разницей между максимальным и минимальным значением NBR фоновой территории в пик вегетации в 2009–2022 гг., и указывает на стабильность ландшафтных условий в этот сезон года. Целесообразно использовать данные NBR середины периода вегетации для выявления территорий, затронутых недавно прой-

денными пожарами. Дальнейший ход лесовосстановления разумно проводить с использованием показателей начала периода вегетации, лишенных «завышающего» влияния восстанавливающегося травяного покрова.

Подтверждено, что применение индекса NBR в качестве основного инструмента исследования процессов демутиации не гарантирует объективной оценки особенностей и перспектив послепожарного восстановления [4, 7]. После возгорания NBR демонстрирует прогрессирующий рост своих значений, которые уже на 11-й послепожарный год достигли и превысили показатели допожарного 2009 г., что с учетом анализа натуральных наблюдений не является свидетельством восстановления фитоценоза до естественного состояния, а определяет общие тенденции динамики процесса демутиации. Поэтому моноиспользование индекса NBR поставит под сомнение надежность результатов оценки перспектив лесовозобновления. Геоинформационные материалы могут выступать в качестве подтверждающего фактора направленности развития ландшафтообразующих процессов.

Заключение. В ходе проведенного исследования подтверждена эффективность применения спектрального индекса NBR в обнаружении гарей и в определении степени пирогенной трансформации. Несмотря на выявленное недостаточное соответствие геоданных натурной обстановке, продолжение мониторинговых наблюдений позволит расширить набор критериев, способствующих повышению информативности дистанционных данных в оценке послепожарного лесовозобновления.

Работа выполнена в рамках госзадания Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН (AAAA-A21-121012190017-5; AAAA-A21-121012190056-4).

Литература

1. Воробьев О. Н., Курбанов Э. А., Губаев А. В., Лежнин С. А., Полевщикова Ю. А. Дистанционный мониторинг гарей в Марийском Заволжье // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Лес. Экология. Природопользование». 2012. № 1. С. 12–22.
2. Родионова Н. В., Вахнина И. Л., Желибо Т. В. Оценка динамики послепожарного состояния растительности на территории Ивано-Арахлейского природного парка (Забайкальский край) по радарным и оптическим данным спутников Sentinel 1/2 // Исследование Земли из космоса. 2020. № 3. С. 14–25.
3. Сидельник Н. Я., Пушкин А. А., Ковалевский С. В. Картирование поврежденных лесных насаждений и объектов лесохозяйственных мероприятий с использованием материалов космической съемки и ГИС-технологий // Труды БГТУ. Серия 1. 2018. № 1. С. 5–12.
4. Соромотин А. В., Бродт Л. В., Приходько Н. В. Трансформация индексов NDVI и NBR на постпирогенных территориях в зоне лесотундр ЯНАО // XVII Всероссийская научно-практическая конференция «Высокие технологии, наука и образование: актуальные вопросы, достижения и инновации»: Сборник статей. Пенза: Наука и Просвещение, 2022. С. 262–265.

5. Швецов Е. Г., Пономарев Е. И. Послепожарные эффекты в лиственничниках Сибири на многоспектральных спутниковых данных // Сибирский экологический журнал. 2020. № 1. С. 129–140.

6. Atutova Zh. V. Post-fire restoration of pine forests in the Badary area, Ttunkinskiy National Park, Russia // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2023. Vol. 8(2). P. 22–32.

7. Avetisyan D., Velizarova E., Filchev L. Post-fire forest vegetation state monitoring through Satellite Remote Sensing and In Situ Data // Remote Sensing. 2022. Vol. 14. P. 6266.

8. Hao B., Xu X., Wu F., Tan L. Long-term effects of fire severity and climatic factors on post-forest-fire vegetation recovery // Forests. 2022. Vol. 13. P. 883.

Zh. Atutova, E. Rasputina

DIFFERENT APPLICATION OF GEOINFORMATION DATA IN ASSESSING THE FEATURES OF POST-FIRE FOREST RESTORATION

Sochava Institute of Geography SB RAS

atutova@mail.ru, elenaistoma@gmail.com

Between 2014 and 2022, field monitoring observations of forest regeneration were carried out in the burned areas of the Badary urochishche (Tunkinskii district, Republic of Buryatia). The obtained data characterize the dynamics of the restoration of the tree canopy, shrub layer and living ground cover after fire. The results of the geobotanical survey of important areas were compared with the NBR vegetation index, which characterizes the disturbance of the territory by wildfires. For analysis, a sample of NBR values that also corresponded to the date of field surveys was selected as values for the control dates of the beginning, middle and end of the vegetation phase. Based on the obtained data array, a spatiotemporal assessment of the influence of geobotanical parameters on changes in NBR indicators was carried out. This allowed us to identify the seasons when the long-range information obtained best matched the natural environment. The results obtained are applicable both to expand the application possibilities of the NBR spectral index and to solve the problems of spatial data calibration.

А. С. Беляева, В. Н. Бевз

АНАЛИЗ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ОВРАЖНЫХ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ОСТРОГОЖСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ)

Воронежский государственный университет
posipai.golov@list.ru

Рассмотрена циклическая динамика овражных геоморфологических систем (ОГС) Острогожского района Воронежской области. На основе картографирования ОГС с использованием данных ДЗЗ и дешифровочных признаков выделены стадии развития оврагов. Проведен сравнительный анализ стадийной структуры ОГС на ключевых участках для дифференцированного и более объективного решения проблемы противоовражной организации территории.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_27

На территории Острогожского района Воронежской области имеет место достаточно широкое распространение оврагов [1;2]. Об этом, в частности, свидетельствуют количественные показатели овражности территории (рис. 1). Общая площадь ОГС в настоящее время достигает $29,5 \text{ км}^2$, что составляет 1,7% от площади района. Средняя густота эрозионного расчленения $0,76 \text{ км/км}^2$, в отдельных местах она достигает более 10 км/км^2 . Средний показатель плотности оврагов $2,9 \text{ ед/км}^2$, а максимальный — 61 ед/км^2 .

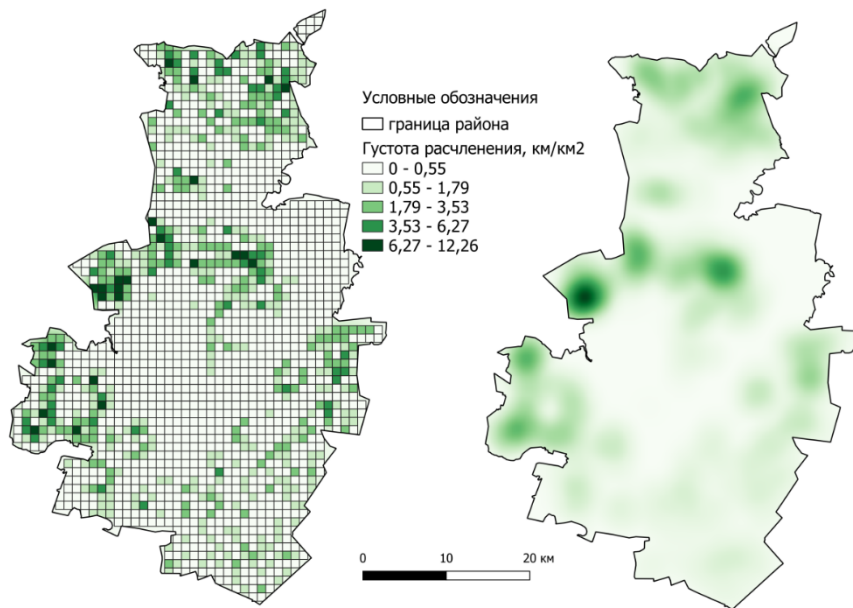


Рис. 1. Картограмма густоты овражного расчленения территории Острогожского района

Для дифференцированного и более объективного решения проблемы противоэрозионной организации региона важно учитывать не только территориальные особенности распространения овражной эрозии, но и ее динамические аспекты. В большинстве геоморфологических исследований под динамикой понимают изучение доступных наблюдению современных процессов, связанных с эндогенными, экзогенными и антропогенными факторами. Сущность этого определения не раскрывает внутренних различий динамики как процесса. Поэтому в данном случае целесообразно обратиться к опыту ландшафтоведения. Тем более что геоморфологические системы являются элементами ландшафтных систем.

Под динамикой ландшафта [5] понимаются функциональные, пространственные и структурные изменения, происходящие в ПТК. На этом основании при изучении процессов овражной эрозии можно выделить следующие виды динамики: хорологическую, структурную, временную, а также динамику развития.

Как показывает анализ специальной литературы [3;4;6], значительное число исследований направлено на изучение хорологической динамики овражных геоморфологических систем (ОГС) методом сопоставления и анализа архивных аэрофотоснимков и современных космоснимков. В то же время несомненный интерес представляет собой одна из форм временной динамики — циклическая динамика, в основе которой лежит представление о различных стадиях развития оврагов, т. е. фактически различных состояниях ОГС. Разработка комплекса мер по противоэрозионной организации территории должна учитывать не только высокие показатели плотности и густоты овражной эрозии, но и, конечно же, различные динамические аспекты, в частности ее циклический характер.

Методика изучения циклической динамики на территории исследования включала в себя учет целого ряда аспектов.

Во-первых, основное внимание при анализе стадий развития ОГС было обращено на склоновые овраги, которые получили наибольшее распространение на территории исследования (94% от общего количества и 59,7% от площади всех оврагов).

Во-вторых, в пределах Острогожского района склоновые овраги приурочены в основном к двум категориям склонов: коренным склонам долин и балочным, имеющим различный генезис, возраст, ландшафтную специфику, современную структуру и характер проявления сопутствующих экзогенных процессов. Поэтому для оценки характера проявления циклической динамики изучение склоновых оврагов проводилось по различным типам склонов.

В-третьих, исследования циклической динамики ОГС осуществлялось с использованием спутниковых снимков EsriWorldImagery с разрешением до 1 м, находящимся в открытом доступе.

В-четвертых, при определении различных стадий овражных форм по спутниковым снимкам использовалась система дешифровочных признаков, которые представлены в табл. 1. При этом большинство исследователей, в том числе и авторы, придерживаются точки зрения С. С. Соболева [7], который выделил 4 стадии развития оврага:

I — промоины; II — врезания оврага вершиной; III — выработки профиля равновесия; IV — затухания.

Таблица 1

Некоторые дешифровочные признаки стадий развития оврагов

Стадия оврага	Дешифровочные признаки
1 — промоины	более светлая окраска и вытянутая форма
2 — врезания оврага вершиной	наличие вершинного перепада; извилистая, четко очерченная линия бровки и более светлая окраска склонов по сравнению с прилегающими участками; узкое дно, часто только в виде русла; значительная крутизна склонов; активность регрессивной эрозии, которая проявляется в наличии эрозионных уступов, расположенных на небольшом расстоянии выше по склону от вершины оврага; доминирование обвальных и осыпных типов склонов; нахождение устья выше местного базиса эрозии
3 — выработки продольного профиля равновесия	несколько более темная окраска склонов и меньшая их крутизна, хорошо воспринимаемая стереоскопически; резкое уменьшение ширины оврага устьевой части, начало размывости здесь границ бровки; оформившееся меандрирующее русло
4 — затухания	более плавная, чем в предыдущих стадиях, линия бровки, большая ее ширина; наличие делювиальных задернованных склонов, придающих более темный фон изображению склонам и дну оврага

В-пятых, как показали проведенные исследования и составленная по их результатам схема распространения оврагов, овражная эрозия территории Острогожского района имеет неравномерное распространение, что обусловлено различиями типов природной среды, в которых она развивается. В этой связи использовался метод ключевых участков, применяемый для изучения территорий, отличающихся своеобразием природных условий с одной стороны и наличием типичного для них проявления процесса овражной эрозии — с другой.

При выборе ключевых участков использовались физико-географическое районирование территории [8], а также функциональное зонирование Острогожского района по характеру и степени развития овражной эрозии [1].

В рамках поставленных задач на ключевых участках были проведены следующие исследования:

- выделены склоны разного вида («долинные» и «балочные»);
- произведено деление склонового типа оврагов на подтипы по отдельным видам склонов;
- овраги, находящиеся в пределах выбранных ключей, соотнесены с определенными стадиями развития в соответствии с приведенными в табл. 1 диагностическими признаками.

Всего на территории района исследования стадии овражной эрозии выделены у 1609 склоновых оврагов (табл. 2). В целом доминируют вторая (49%) и третья (33%) стадии, четвертая выражена в наименьшей степени.

В пределах Острогожского района выбраны четыре типичных с точки зрения развития ОГС ключевых участка (табл. 3) размером 10х10 км², что позволило провести их сравнительный анализ в отношении закономерностей проявления циклической динамики оврагов.

Таблица 2

Общая стадияльная структура овражной эрозии Острожского района.

Склоновые — 1609					
С			КО		%
1			189		11,75
2			799		49,66
3			532		33,06
4			89		5,53
Подтипы					
«Долинные» — 74			«Балочные» — 1535		
Стадии	Количество оврагов	%	Стадии	Количество оврагов	%
1	5	6,75	1	184	11,99
2	54	72,97	2	745	48,53
3	7	9,46	3	525	34,2
4	8	10,82	4	81	5,28

Таблица 3

Сводная характеристика ключевых участков

Ключевые участки		I	II	III	IV
Типы склоновых оврагов		долинные и балочные	долинные и балочные	долинные и балочные	только балочные
Количество оврагов		431	416	609	154
Стадии, %	1	6,5	12,26	9,03	35,72
	2	48,96	44,23	57,14	36,36
	3	40,37	30,53	33,5	17,54
	4	4,18	12,98	0,33	10,38
Неотектоническое под- нятие		Шаталовское	Острожское	Острожское	Острожское
Физико-географиче- ский район		Придонской ме- ловой	Придонской ме- ловой	Придонской ме- ловой	Калитвинский волнисто-балоч- ный
Глубина расчлененно- сти на ключевом участке, м		65	71	65	64
Густота, км/км ²		1,3	1,3	1,3	0,5
Заовраженность, км ²		0,032	0,034	0,027	0,015
Плотность, ед./км ²		4,3	3,9	6,1	1,6

Выводы:

1. выбор в качестве территории исследования муниципального района не случаен. Именно на этом уровне должны приниматься управленческие решения и их реализация в отношении борьбы с опасными геологическими явлениями, к которым относится и овражная эрозия;
2. в целом для территории Острожского района для склоновых оврагов характерна их приуроченность ко 2-й и 3-й стадиям развития, что свидетельствует об ак-

тивно протекающем эрозионном процессе с потенциалом расширения площади заовраженных земель;

3. обращает на себя внимание неравномерность развития оврагов, приуроченных к балочным склонам и коренным склонам речных долин, что приводит к необходимости их изучения в качестве самостоятельных категорий;

4. анализ полученных данных об ОГС по отдельным ключевым участкам показывает некоторые различия по соотношению оврагов, находящихся на определенных стадиях циклической динамики, что связано с их приуроченностью к отличающимся друг от друга типам природной среды. Тем не менее, в общем плане стадийная структура ОГС ключевых участков соответствует показателям для всего Острогожского района;

5. полученные в процессе исследований данные способствуют проведению функционального зонирования территории по структуре стадий циклической динамики ОГС. Это позволит дифференцированно подойти к решению проблемы противоэрозионной организации территории Острогожского района Воронежской области.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №24-27-20122, <https://rscf.ru/project/24-27-20122/>

Литература

1. Беляева А. С., Бевз В. Н. Зонирование территории Острогожского района Воронежской области по степени и характеру овражной эрозии // Муниципальные образования регионов России: проблемы исследования, развития и управления. Воронеж : 2022. С. 206–210.

2. Беляева А. С., Бевз В. Н. Общие закономерности проявления овражной эрозии на территории Острогожского района Воронежской области // Региональные ландшафтные исследования : научные записки кафедры физической географии и оптимизации ландшафта Воронежского государственного университета. Воронеж, 2022. Вып. 6. С. 112–118.

3. Ермолаев О. П., Медведева Р. А., Платончева Е. В. Методические подходы к мониторингу процессов эрозии на сельскохозяйственных землях европейской части России с помощью материалов космических съемок // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2017. Т. 159, № 4. С. 668–680.

4. Зайцева М. Ю. Исследование овражной эрозии в Удмуртии посредством дешифрирования спутниковых снимков высокого разрешения // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2018. Т. 28, № 3. С. 279–287.

5. Мильков Ф. Н. Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность. Воронеж : Издательство ВГУ, 1986. 328 с.

6. Рысин И. И. Картографирование динамики овражной эрозии в пределах антропогенных ландшафтов Удмуртии // Трешниковские чтения 2018: Современная географическая картина мира и технологии географического образования : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ульяновск, 01 января – 31 2018 года.

Ульяновск : Ульяновский государственный педагогический университет им. И. Н. Ульянова, 2018. С. 231–233.

7. Соболев С. С. Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними. М. ; Ленинград : Издательство АН СССР, 1948. 305 с.

8. Эколого-географические районы Воронежской области / Ф. Н. Мильков, В. Б. Михно, В. И. Федотов и др. Воронеж : Издательство ВГУ, 1996. 216 с.

A. Belyaeva, V. Bevz

**CYCLIC DYNAMICS ANALYSIS RAVINE GEOMORPHOLOGIC SYSTEMS
(ON THE EXAMPLE OF THE TERRITORY OF THE OSTROGOZHSKY
DISTRICT VORONEZH REGION)**

Voronezh State University

posipai.golov@list.ru

The cyclic dynamics of gully geosystems (GGS) of the Ostrogozhsky district of Voronezh region is considered. On the basis of mapping of GGS with the use of remote sensing data and deciphering features, the stages of ravine development were identified. A comparative analysis of the stage structure of CGS at key sites for differentiated and more objective solution of the problem of anti-gully organization of the territory was carried out.

Е. В. Гречман

АНАЛИЗ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ РЕКРЕАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЛОСИНЫЙ ОСТРОВ»

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова
zolotovaliza8@gmail.com

В статье проводится анализ состояния рекреационных объектов национального парка «Лосиный остров» (Московская обл.). На основе открытых данных о предпочтениях посетителей (оценках и отзывах, агрегированных сервисами Яндекс.Карты, Google Maps, 2ГИС и TripAdvisor) были выявлены основные тенденции и направления возможного улучшения инфраструктуры и качества предоставляемых услуг. Проанализировано состояние 33 объектов рекреационной инфраструктуры, расположенных на территории парка. Среди рассматриваемых параметров качества объектов рекреационной инфраструктуры были такие, как: средняя оценка; количество оценок; количество текстовых отзывов; ключевые слова; выделяемые посетителями плюсы и минусы; рекомендации от посетителей. Результаты исследования могут быть использованы для разработки планов по улучшению состояния объектов рекреационной инфраструктуры национального парка, а также для составления типового плана рекреационной деятельности национального парка.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_28

Современные процессы роста городов и увеличение доли городского населения в мире приводят к возрастанию потребности в местах для отдыха и рекреации, близких по своим свойствам к природным ландшафтам, но находящихся в пределах города. Городские зеленые зоны выполняют не только рекреационные, но и эстетические и экологические функции [2], что также подчеркивает их необходимость. В данном контексте национальные парки и другие особо охраняемые природные территории (ООПТ), расположенные в пределах городов, становятся ключевыми объектами, предоставляющими возможность качественного отдыха и восстановления для городских жителей.

Объектом данного исследования является рекреационная инфраструктура национального парка «Лосиный остров» (Московская обл.). Предметом исследования стало состояние рекреационных объектов на территории национального парка.

Целью данного исследования является проведение оценки состояния объектов рекреационной инфраструктуры национального парка «Лосиный остров» на основе открытых данных о предпочтениях посетителей парка относительно рассматриваемых объектов. Для достижения цели исследования были выполнены следующие задачи:

- проведен анализ результатов исследований, основных трендов и проблем, касающихся рекреационной инфраструктуры национального парка «Лосиный остров»;
- проведены сбор и инвентаризация данных о предпочтениях посетителей по поводу объектов рекреационной инфраструктуры нацпарка;
- выделены основные тенденции и проблемы, связанные с состоянием туристских и рекреационных объектов на территории национального парка.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке планов и стратегий, направленных на улучшение качества рекреационной инфраструктуры в общем и некоторых из предоставляемых услуг (питания, проживания, парковки и пр.). Кроме этого, результаты исследования предпочтений посетителей национального парка могут быть использованы при составлении плана рекреационной деятельности ООПТ. Практическая значимость проведенного исследования также состоит в возможности использования полученных результатов в рамках разработки типового плана рекреационной деятельности национального парка.

О национальном парке «Лосиный остров». Национальный парк «Лосиный остров» является особо охраняемой территорией федерального значения. Парк расположен на территории г. Москвы и Московской области, имеет участки рядом с городами Мытищи, Королев, Балашиха. В управлении ФГБУ «Национальный парк «Лосиный остров» находится областная часть парка; московская часть находится под управлением г. Москвы [3]. В данной работе территорией исследования являлась часть нацпарка, расположенная в Московской области, за пределами г. Москвы.

Туристический поток в экологические центры Лосиног острова ежегодно растет; по данным национального парка, за последние 10 лет поток увеличился практически в 10 раз. Популярными маршрутами являются «Босоногая тропа» в экологическом центре «Дендрарий» и «Оленья тропа» в экологическом центре «Лосиная биостанция». В 2022–2023 годах впервые за время существования национального парка открылись водные экскурсии на байдарках и электрорафте, обустроена приватная зона всесезонного отдыха с глэмпингом [4]. Все это способствует заметному увеличению потока туристов, посещающих территорию национального парка и взаимодействующих с объектами рекреационной инфраструктуры.

Важно отметить, что для национального парка «Лосиный остров» развитие туризма и рекреации (относятся к группе культурных услуг) являются наиболее ярко выраженными среди предоставляемых им экологических услуг: разнообразие лесных пейзажей, наличие многочисленных водоемов и долин малых рек, хорошая транспортная доступность делают «Лосиный остров» привлекательным объектом для массового отдыха [4]. Это также связано с ограничением хозяйственной деятельности (и, как следствие, ограниченным объемом обеспечивающих экологических услуг) на территории нацпарка.

Развитие рекреационной инфраструктуры и рекреационное благоустройство может приводить к фрагментации и деградации местных экосистем. В связи с этим важным аспектом развития туризма и рекреации на территории национального парка является соблюдение баланса между рекреацией и выполнением природоохранных задач. Для «Лосиног острова» характерны наибольшие показатели видового и ландшафтного разнообразия среди крупнейших (площадью более 100 га) ООПТ Москвы и Московской области. При этом здесь также наблюдается наименьшая среди крупнейших ООПТ Москвы и Московской области плотность рекреантов (чел/га) [1], что может указывать на достаточно высокую степень защищенности местных экосистем и сбалансированное развитие туризма и рекреации.

О плане рекреационной деятельности национального парка. В целях осуществления рекреационной деятельности в национальном парке федеральный орган исполнительной власти, в ведении которого находится национальный парк, утверждает по согласованию с высшим должностным лицом субъекта Российской Федерации, на территории которого расположен этот национальный парк, план рекреационной деятельности национального парка. План содержит следующие сведения:

- «о посещаемых природных комплексах и объектах, допустимой рекреационной емкости особо охраняемой природной территории при осуществлении туризма, требованиях к ее охране и использованию;
- о площади, местоположении и границах территории национального парка, предназначенной для осуществления рекреационной деятельности;
- о площади, местоположении и границах земельных участков, предназначенных для размещения объектов капитального строительства, некапитальных строений, сооружений (в том числе нестационарных торговых объектов), элементов благоустройства, объектов сопутствующей инфраструктуры, необходимых для осуществления рекреационной деятельности;
- о допустимых к размещению объектах, указанных в пункте 2 статьи 17.1 Федерального закона, и об их параметрах;
- о существующих и планируемых к строительству линейных объектах;
- иные сведения»¹.

В типовом плане в числе прочих пунктов, необходимых для освещения, есть требование предоставить информацию о возможных предпочтениях туристов в посещении туристских объектов и количестве посещений². В национальном парке «Лосиный остров» ведется сбор статистики относительно количества посещений эколого-просветительских центров (комплексов), в то время как статистическая информация о посещаемости и состоянии других туристских объектов на территории парка отсутствует. Этим обусловлена актуальность выполнения поставленных задач в случае подготовки плана рекреационной деятельности ООПТ.

Материалы и методы. Для оценки состояния рекреационных объектов на территории национального парка были использованы открытые данные об оценках и отзывах посетителей с онлайн-сервисов, агрегирующих данные такого типа: Яндекс.Карты, Google Maps, 2ГИС, TripAdvisor. В каждом из источников были представлены широкие массивы данных о предпочтениях посетителей по поводу рекреационных объектов, располагающихся на территории национального парка «Лосиный остров». В работе были рассмотрены те объекты, для которых посетители оставляли

¹ Федеральный закон от 14.03.1995 N 33-ФЗ (ред. от 08.08.2024) "Об особо охраняемых природных территориях" // Собрание законодательства РФ. 20.03.1995. № 12. Ст. 1024.

² Постановление Правительства РФ от 30 августа 2023 г. N 1407 "Об утверждении Правил согласования и утверждения плана рекреационной деятельности национального парка, включая требования к содержанию, форме и структуре указанного плана, а также внесения в такой план изменений" // Собрание Законодательства РФ. 04.09.2023. №37. Ст. 6731.

оценки и отзывы, то есть объекты с имеющимися данными о предпочтениях посетителей.

Среди рассматриваемых параметров качества объектов рекреационной инфраструктуры были такие, как:

- средняя оценка;
- количество оценок;
- количество текстовых отзывов (с развернутым описанием состояния объекта и рекомендациями);
- ключевые слова (выделяются автоматические на сайте Яндекс.Карты при наличии достаточного количества текстовых отзывов);
- выделяемые посетителями плюсы и минусы (из массива данных выделялись экспертно);
- рекомендации от посетителей (также выделялись экспертно).

Важно отметить, что данный подход к оценке состояния объектов рекреационной инфраструктуры, учитывающий мнение и предпочтения посетителей парка, дает возможность в будущем адаптировать инфраструктуру под интересы и потребности посетителей и сформировать более привлекательную рекреационную среду.

Результаты. В ходе исследования была проведена инвентаризация имеющихся данных и сформирована сводная таблица, отражающая основные тенденции, сильные и слабые стороны объектов рекреационной инфраструктуры национального парка. В результате работы были рассмотрены значения приведенных показателей для 33 объектов в следующих категориях:

- эколого-просветительские объекты (экологические центры «Лосиная биостанция», «Дендрарий», «Чаепитие в Мытищах»);
- достопримечательности и места активности (Босоногая тропа, Дача маршала Н. В. Булганина и пр.);
- водные объекты (реки, озера, пруды);
- пляжи;
- места для пикника (коммерческие);
- конные прогулки;
- скульптуры;
- детские площадки;
- точки питания (кафе);
- туалеты;
- места проживания (гостиницы, базы отдыха);
- знаки и таблички.

В результате сбора и инвентаризации сформирована сводная Excel-таблица с данными о предпочтениях посетителей по поводу рекреационных объектов парка (рис. 1).

В ней отражены значения упомянутых выше параметров и экспертная оценка, сделанная на основе анализа имеющихся данных о состоянии каждого объекта. Анализ собранных данных позволил выявить сильные и слабые стороны рекреационной

Тип объекта	Название объекта	Координаты на Яндекс.Картах	Агрегатор отзывов	Средняя оценка	Количество оценок	Из них с текстовым отзывом	Ключевые слова (отзывы Яндекс.Карт)	Выделяемые плюсы
Эколого-просветительские объекты (Экологические центры)	"Лосиная биостанция"	55.879137, 37.785491	Яндекс.Карты	4,9	2210	2210	Положительные:	Животные в хорошем состоянии, ухоженная территория, познавательные экскурсии, экскурсии-профессионалы, можно с детьми, ощущение единения с природой
			2ГИС	4	16	11	впечатления, животные, с детьми,	
			Google Maps	4,7	786	?	кафе, отдых,	
	"Дендрарий"	55.828925, 37.896748	TripAdvisor	5	17	13	детские площадки	Наличие босиком тропы, ухоженная территория, наличие кафе, близость к лесу, приятный запах природы
			Яндекс.Карты	?	?	1162	Положительные:	
			2ГИС	4,4	93	45	впечатления, с детьми, отдых,	
			Google Maps	4,5	168	?	детские площадки, животные	
			TripAdvisor	-	-	-	-	
	"Чаепитие в Мытищах"	55.897786, 37.793747	Яндекс.Карты	4,9	310	105	Приятная атмосфера в домике, интересная экспозиция, исторические экспонаты, интересная экскурсия, очень вкусный чай, близость природы, тишина, наличие мастер-классов и квасов, приветливые сотрудники, интересно для детей и взрослых	
			2ГИС	-	-	-	Положительные:	
			Google Maps	4	5	?	напитки, персонал	
	"Царская охота" (указано на сайте Заповедника)	55.835368, 37.911902	TripAdvisor	-	-	-	-	
			Яндекс.Карты	-	-	-	-	
			2ГИС	-	-	-	-	
	Босиком тропы ("ать "Дендрария")	55.829073, 37.897382	TripAdvisor	-	-	-	Интересно для детей, незабываемые ощущения, близость к природе, наличие табличек с описанием покроетий, вежливые сотрудники, наличие льгот для многодетных семей, наличие и качество инфраструктуры (туалеты, умывальники для ног, скамейки вдоль тропы), тень от деревьев на тропе, наличие кафе	
			Яндекс.Карты	5	4956	2435	Положительные:	
			2ГИС	3,2	28	26	вид, чистота	
			Google Maps	3,9	113	?	Отрицательные:	
			TripAdvisor	-	-	-	очереди, билет, кафе, ремонт	
	Дача маршала Н.В. Булганина	55.835368, 37.911902	Яндекс.Карты	4,5	47	17	Интересная история, живописное место, красивое здание, хорошее место для прогулок	
			2ГИС	-	-	-	-	
			Google Maps	-	-	-	-	
			TripAdvisor	-	-	-	-	

Рис.1. Фрагмент сводной таблицы с данными о предпочтениях посетителей по поводу рекреационных объектов на территории ООПТ «Лосиный остров»

инфраструктуры национального парка, обозначить направления ее улучшения с учетом мнения посетителей. Среди рассмотренных объектов были в том числе наиболее посещаемые места национального парка — экологические центры «Лосиная биостанция», «Дендрарий», «Чаепитие в Мытищах» и приуроченные к ним туристические тропы.

Средние оценки для рекреационных объектов парка варьировались от 3,2 («Босоногая тропа» — оценки 2ГИС) до 5 («Босоногая тропа», конный клуб «Соловьиная роща», конный клуб «Лосиный остров» — оценки Яндекс.Карт). Наибольшее количество отзывов было оставлено для самых посещаемых объектов национального парка:

- «Босоногой тропы» (часть «Дендрария») (5097 оценок, средняя оценка — от 3,2 на 2ГИС до 5 на Яндекс.Картах);
- «Дендрария» (1423 оценки, средняя оценка — от 4,4 на 2ГИС до 4,5 на Google Maps);
- «Лосиной биостанции» (в сумме — 3029 оценок, средние варьировались от 4 на 2ГИС до 4,9 на Яндекс.Картах);
- рыболовно-охотничьего клуба «Клевое место» (2531 оценка, средняя оценка — от 3,8 на 2ГИС до 4,9 на Яндекс.Картах);
- гостиницы «Клевое место» (1032 оценки, средняя оценка — от 3,8 на 2ГИС до 5 на Яндекс.Картах).

Для большинства рекреационных объектов были характерны оценки в пределах 4–4,5 баллов, что указывает на достаточно хорошее состояние и качество объектов рекреационной инфраструктуры и предоставляемых услуг на территории национального парка. Однако даже для объектов с высокими значениями средней оценки посетители выделяли значительные минусы:

- недостаточное количество парковочных мест и высокая стоимость билетов (эколого-просветительские центры «Лосиная биостанция» и «Дендрарий»);
- слишком большой одновременный поток посетителей, недостаточное благоустройство (низкая оснащенность необходимыми элементами для посетителей, связанных с особенностями предоставляемых видов активности — умывальников, бумажных полотенец, шкафчиков для вещей и пр.) («Босоногая тропа»);
- низкое качество еды и неподходящий режим работы точек питания;
- низкое качество ухода за водными объектами и прилегающими к ним территориями, а также отсутствие элементов благоустройства (скамеек, урн для мусора и др.) вокруг водных объектов и на пляжах;
- отсутствие ухода за некоторыми достопримечательностями и местами активности («Зеленый лабиринт» — недостаточная высота кустарника для функционирования лабиринта по назначению, Дача маршала Н. В. Булганина — заброшенное здание, неухоженная территория).

Выводы. В ходе исследования было установлено, что в открытом доступе имеются широкие массивы данных, отражающих предпочтения и рекомендации посетителей относительно большей части объектов рекреационной инфраструктуры наци-

онального парка «Лосиный остров». Эти данные могут быть использованы при проведении исследований, касающихся состояния и выделения потенциальных направлений улучшения туристских объектов парка. Помимо этих данных, возможно проведение социологических опросов для уточнения и увеличения объема имеющихся данных.

Большинство объектов рекреационной инфраструктуры национального парка «Лосиный остров» имеют хорошее состояние и оцениваются гостями на 4–4,5 балла. Однако согласно текстовым отзывам посетителей, у большинства из рассмотренных рекреационных объектов есть значительные недостатки, устранение которых будет способствовать улучшению состояния рекреационной инфраструктуры и качества оказываемых услуг, что повысит степень удовлетворенности посетителей посещением национального парка.

Литература

1. Александрийская К. А., Климанова О. А. Сохранение местообитаний и массовая рекреация: современные траектории развития крупных ООПТ Москвы // Проблемы региональной экологии. 2023. № 3. С. 47–53.
2. Климанова О. А., Колбовский Е. Ю., Илларионова О. А. Зеленая инфраструктура города: оценка состояния и проектирование развития. М. : Товарищество научных изданий КМК. 2020. 324 с.
3. Лелькова А. К., Пакина А. А. Оценка экосистемных функций национального парка «Лосиный остров» // Экосистемы: экология и динамика. 2020. Т. 4, № 3. С. 166–179.
4. О парке | Национальный парк Лосиный остров [Электронный ресурс]. URL: <https://losinyiostrov.ru/about/> (дата обращения: 11.09.2024).

E. V. Grechman

ANALYSIS OF DATA ON THE STATE OF RECREATIONAL FACILITIES OF THE NATIONAL PARK ‘LOSINY OSTROV’

Lomonosov Moscow State University
zolotovaliza8@gmail.com

The article analyzes the condition of recreational facilities of the Losiny Ostrov National Park (Moscow Region). Based on open data on visitor preferences (ratings and reviews aggregated by Yandex.Maps, Google Maps, 2GIS and TripAdvisor), the main trends and areas for possible improvement of the infrastructure and quality of services provided were identified. The condition of 33 recreational infrastructure facilities located on the territory of the park was analyzed. The following parameters of the quality of recreational infrastructure facilities were considered: average rating; number of ratings; number of text reviews; keywords; pros and cons highlighted by visitors; recommendations from visitors. The results of the study can be used to develop plans to improve the condition of the recreational infrastructure facilities of the national park, as well as to draw up a standard plan for the recreational activities of the national park.

М. М. Дамбе, Л. А. Межова

АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ХОПЕРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Воронежский государственный педагогический университет
rybalova@mail.ru

Исследование проводится на основе сравнения и выявления взаимосвязей между изменениями показателей климата и объектов окружающей среды. Задача анализа заключается в выявлении геоэкологических закономерностей на территории особо охраняемой природной территории. Объектом исследования выступает Хоперский государственный природный заповедник. Результаты исследования показывают геоэкологические связи между явлениями и объектами в Хоперском заповеднике.

DOI: 10.15356/geoeeco_2024_1_29

Основой для накопления информации для геоэкологического исследования выступает система мониторинга геоэкологических данных. Анализ показателей, собранных за длительный период, позволяет определить устойчивость среды, выявить закономерности изменений, определить факторы, влияющие на обитателей среды, составить прогноз дальнейшего изменения территории.

На примере Хоперского государственного природного заповедника представлен анализ изменения климатических характеристик как фактора влияния на среду и ее обитателей.

Мониторинг климатических показателей на территории заповедника проводится с 1938 г. За период наблюдений с 1939 г. по 2021 г. определена среднемноголетняя годовая температура воздуха $+6,4^{\circ}\text{C}$, самая высокая температура июня зафиксирована в 1991 г. $+40^{\circ}\text{C}$ при средней $+21^{\circ}\text{C}$, самая холодная температура января была в 1971 г. и составила $-42,8^{\circ}\text{C}$ при средней -9°C [2]. Анализ динамики среднегодовой температуры воздуха в Хоперском заповеднике показывает постоянный рост показателя (рис. 1).

Среднемесячные температуры опускаются ниже нуля с ноября по март и превышают выше 20°C только в июле (рис. 2).

Количество осадков имеет значительные колебания от 300 до 800 мм за год, средний уровень определяется суммой 556,4 мм. При постоянном повышении среднегодовой температуры воздуха наблюдается колебание суммы осадков, в настоящее время идет снижение.

Более детальное рассмотрение показателя температуры в 2020 г. позволит сравнить уровень отклонения между среднемесячными показателями. График показывает незначительные отклонения среднемесячной температуры в Хоперском заповеднике в 2020 г. от среднего значения за период 1939–2020 гг. Наблюдается превышение температуры относительно периода 1939–2020 гг. за исключением февраля, где разница

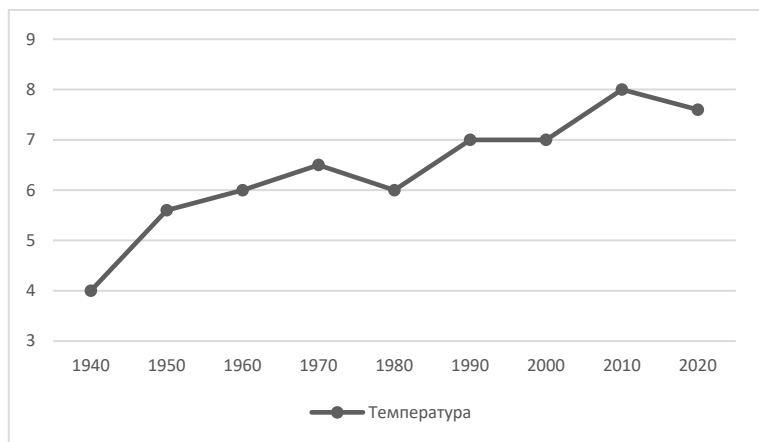


Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры в Хоперском заповеднике

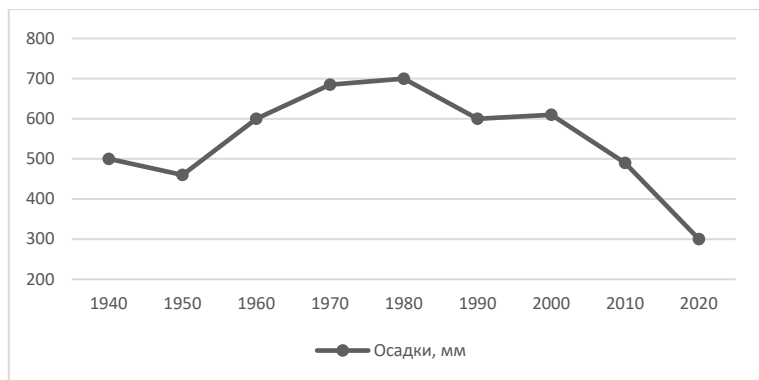


Рис. 2. Динамика среднегодовой суммы осадков в Хоперском заповеднике

составляет 3° [4]. Температура самого теплого и самого холодного месяцев практически соответствует средним показателям (рис. 3).

Проведено сравнение режима выпадения осадков между месячной суммой в Хоперском заповеднике в 2020 г. и среднемноголетней суммой за период 1939–2020 гг. В среднемноголетней сумме осадков фиксируется цикличность в понижении от января до апреля, в конце лета, повышение в период весна — лето и осенне-зимний. Это подтверждает положение о летнем периоде как самом влажном, а также циклы высокого уровня летом и зимой и низкого весной и осенью. Месячная сумма осадков в заповеднике в 2020 г. соответствует данным только частично: наибольшая сумма осадков выпала весной и зимой, наименьшая пришлась на период конца лета — начала осени. Снижение осадков в летний период 2020 г. относительно среднемесячных данных связано с постоянным увеличением температуры и общим снижением осадков в последние 20 лет (рис. 4).

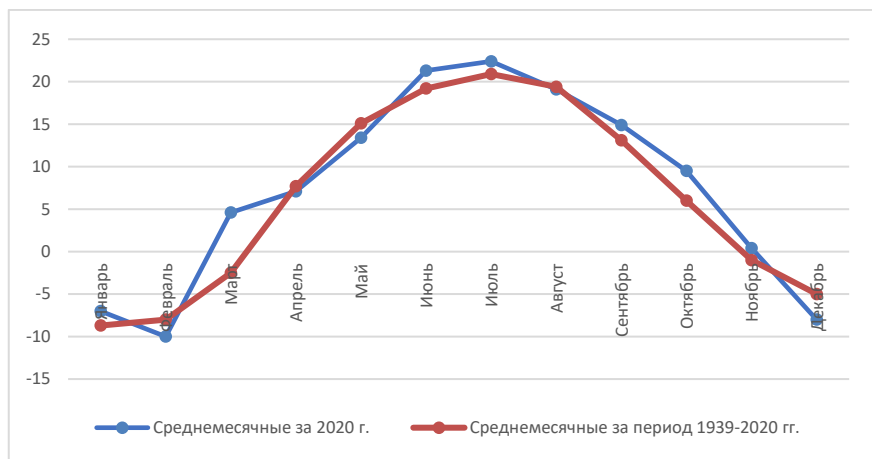


Рис. 3. Сравнение динамики среднемесячной температуры за 2020 г. и за период 1939–2020 гг.

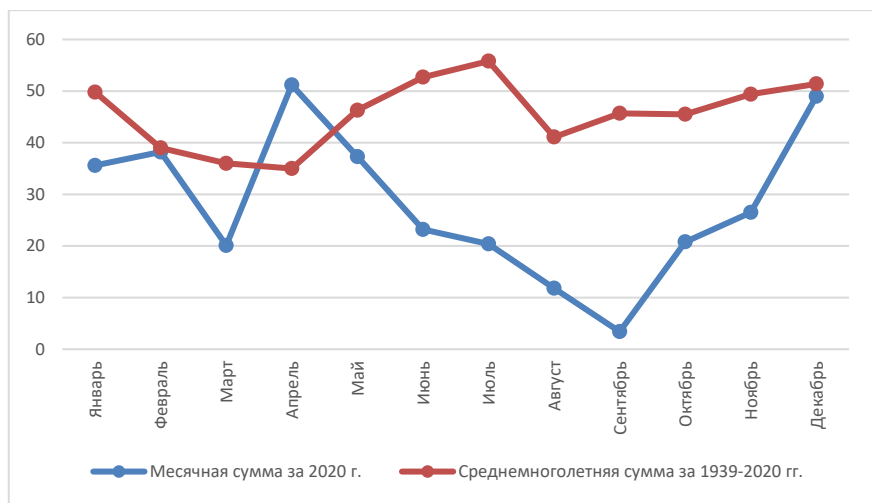


Рис. 4. Сравнение динамики среднегодовой суммы осадки за период 1939–2020 гг. и за 2020 г.

Изменение температурного режима влияет также на особенности режима р. Хопер. Около 80% территории заповедника расположено в пределах поймы р. Хопер. Экосистема Хоперского заповедника в значительной степени зависит от половодья реки. Проведен анализ изменения уровня воды в р. Хопер в период половодья (рис. 5).

Динамика изменения уровня воды в половодье показывает увеличение период между достижением пика высокого и низкого уровня половодья: в 1940–1950 гг., 1960–1970 гг. — снижение уровня, в 1930–1940 гг. и 1950–1960 гг. увеличение за 10-летние периоды, далее периоды снижения и увеличения уровня расширяются до 20 лет.



Рис. 5. Динамика уровня воды р. Хопер в период половодья

Также периоды достижения пика высокого уровня воды в половодье совпадают с увеличением температуры. График 2020 г. показывает о более раннем переходе выше нуля, что приводит к таянию снега в больших объемах и соответственно резкому повышению уровню воды. Пики уровня воды наблюдаются в 1940, 1990 г., в периоды повышения температуры на несколько градусов. Снижение уровня воды в XXI в. связано с общим снижением суммы осадков на территории заповедника.

Также изменения отмечены и в озерной системе Хоперского заповедника. Подъем воды в период половодья, паводков и изменение положения русла р. Хопер являются основными причинами формирования озер на территории заповедника, которых здесь насчитывается около 300. Большинство из них являются старицами, образованными в результате перемещения русла реки, что доказывается вытянутостью вдоль реки, петлеобразной и веретенообразной формами.

Данные исследований озер, собранные до 2010 г и в 2020 г. показывают изменения их размеров. В период 2010–2020 гг. площадь всех озер уменьшилась. Отсутствуют озера с площадью выше 50 г [1]. Уменьшение площади озер негативно скажется на обитателях, чья жизнедеятельность зависит от них.

Озера Хоперского заповедника выступают средой обитания для 109 видов растений. От состояния озер зависит жизнь выхухоли, бобра, ряда птиц, 8 видов рептилий включая болотную черепаху, 8 видов земноводных.

В последние годы на территории Хоперского государственного природного заповедника используются методы биондикации (табл. 2). На территории озер Большое Голое, Малое Голое, Ульяновское проведен анализ изменения видового состава, показавший их снижение.

Среди уникальных представителей животного мира, сохранившихся с четвертичного периода, выделяется русская выхухоль, которая существует более 30 млн лет.

Для сохранения русской выхухоли в 1935 г. в европейской части России были созданы три специализированных заповедника — Хоперский природный заповедник (Воронежская область), Окский биосферный заповедник (Рязанская область) и Клязь-

Таблица 1

Морфометрические характеристики крупнейших озер

Название озера	Площадь, га 2010 г.	Площадь, га 2020 г.
Юрмище	53,5	44,2
Тальниково	46,5	41
Сосновое	22	19,9
Старый Хопер	27,1	14,8
Большое Голое	16,9	12
Длинное Осинное	20,3	12,3
Калмычок	25,2	15,2
Дуга	20,4	16

Таблица 2

Результаты биондикации

Название водоемов	Видовой состав, 2015 г.	Видовой состав, 2021 г.	Индекс сапробности, 2018 г.	Время восстановления ЧСС, 2018 г.
Большое Голое	20	14	1,62	71±6,7
Малое Голое	22	15	1,52	72±1,2
Ульяновское	15	12	1,9	94±7,2

минский заказник (Владимирская, Ивановская области). Для биологии вида характерен полуводный образ жизни, значительно связанный с изменением уровня воды в реке и озерах. В период половодья выхухоль покидает затопляемую водой нору и укрывается в дуплах деревьев или временных надводных норах. Летом особи живут одиночно, не размножаясь. Пары образуются весной, в период половодья. Гнезда располагаются на небольшой высоте в береговой зоне озер-старич и рек. Паводок важен для выхухоли, так как может соединять водоемы, что способствует расселению животных по территории и встрече самок и самцов [3].

Рутовской получены данные о динамике численности выхухоли с 1920-х гг. по настоящее время. Максимальные показатели численности выхухоли характерны для 1970–1980-х гг. и это, вероятно, связано с возникновением научного интереса к данному виду. Ежегодно заповедники, в которых сохранилась выхухоль, проводят учет числа норок и фиксируют в «Летописи природы». Проведенные с 1990-х до 2020-х гг. исследования свидетельствуют о резком снижении численности выхухоли начиная с 2010 г. При этом можно отметить, что в Клязьминском заказнике с 2007 г. фиксируется стабилизация численности на уровне 100 особей, в Окском заповеднике отмечается незначительное увеличение после 2010 г., а в Хоперском заповеднике идет медленное снижение, причем с 2010 г. численность особей была наивысшей среди ООПТ.

В засуху численность выхухоли снижается до 300–500 особей. Однако высокое половодье 1995 г. также стало причиной резкого снижения численности выхухоли. Таким образом, анализ климатических показателей температуры и осадков показывает влияние изменения их режимов сказывается на природных процессах. Даже незначительные изменения некоторых компонентов отражаются на состоянии территории, испытывающей незначительное антропогенное влияние как заповедник.

В связи с этим определяется значение развитие системы геоэкологического мониторинга как основного метода определения состояния среды. Необходимость проведения данного вида исследования связано с тем, что заповедные территории выступают индикатором более глобальных изменений. Многокомпонентный мониторинг позволяет выявить ключевые факторы, влияющие на изменение образа жизни уникальных видов, что предоставит возможность для выполнения особо охраняемыми природными территориями свои задачи.

Литература

1. Егунова О. Е. Особенности гидрологического режима пойменных озер Хоперского заповедника // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий : сборник статей VII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Сочи, 01–03 октября 2020 года. Том 7. Сочи : Государственное казенное учреждение Краснодарского края "Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности", 2020. С. 145–154.
2. Короткова О. Е. Погодно-климатические, фенологические отклонения 2020 г. в Хоперском заповеднике в сравнении с многолетними данными 1939–2020 гг. // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П. Г. Смидовича. 2021. № 28. С. 199–207.
3. Рыбалова М. М. Геоэкологический анализ качества среды обитания русской выхухоли (*Desmana moschata*) на территории Хопёрского заповедника для сохранения её численности // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2024. Т. 24, № 1. С. 19–25.
4. Рыбалова М. М. Хоперский государственный природный заповедник как объект мониторинга климатических изменений // Климатическая повестка проблемы реализации и пути дальнейшего развития : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Грозный, 15–16 декабря 2023 года. Грозный : Чеченский государственный университет им. А. А. Кадырова, 2023. С. 122–126.

M. M. Dambe, L. A. Mezhova

ANALYSIS OF CLIMATIC CHANGES IN THE NATURAL ENVIRONMENT ON THE EXAMPLE OF THE KHOPERSKY STATE NATURE RESERVE

Voronezh State Pedagogical University

rybalova@mail.ru

The study is conducted on the basis of comparing and identifying the relationships between changes in climate indicators and environmental objects. The task of the analysis is to identify environmental patterns in the territory of a specially protected natural area. The object of the study is the Khopersky State Nature Reserve. The results of the study show geoeological links between phenomena and objects in the Khopersk Nature Reserve.

С. А. Епринцев, О. В. Клепиков, С. В. Шекоян
РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК ФАКТОР
БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ)

Воронежский государственный университет
esa81@mail.ru

Защита среды обитания — одно из главных направлений развития современных городов, которые сталкиваются с множеством экологических проблем, связанных с загрязнением воздуха, водных ресурсов, почв и нарушением экологического баланса. Экологические проблемы городов Центральной России, таких как Воронеж, Липецк и Белгород, требуют неотложного решения. Высокая антропогенная нагрузка на эти регионы создает серьезные риски для окружающей среды и здоровья населения. Комплексный анализ социально-экологической ситуации в Центральном Черноземье, включающий оригинальные методы эколого-геохимической оценки, данные дистанционного зондирования и статистику Роспотребнадзора, позволил разработать рекомендации по оптимизации городской среды. Основная цель исследования — создание модели для улучшения экологической ситуации в этих городах. Полученные данные являются основой инновационной геоинформационной системы, оптимизирующей социально-экологическое состояние городов региона. Эта модель предлагает комплексный подход к решению существующих экологических вызовов.

DOI: 10.15356/geoeeco_2024_1_30

Урбанизированные территории как в России, так и в других странах, представляют собой сложные структуры, прямо или косвенно влияющие на экологическую безопасность территории и формирование заболеваемости населения по различным классам болезней [2; 5; 6].

В ходе проведенных исследований разработана математико-статистическая модель воздействия прямых факторов — физических (шумовое воздействие), геохимических (загрязнение атмосферы поллютантами, относящимися к канцерогенам), а также косвенных социально-экологических факторов (величина и расположение зон природного каркаса, социальные и экономические условия территории) на формирование заболеваемости населения по различным классам болезней на примере модельных городов Воронежа, Липецка, Белгорода.

Эффективный мониторинг экологической безопасности городских территорий требует быстрого анализа огромного количества данных.

Управление устойчивым развитием территории требует постоянного мониторинга факторов, определяющих экологическую ситуацию, с использованием геоинформационных технологий и дистанционного зондирования Земли.

Необходимо организовать и структурировать полученные данные о местоположениях [1; 2; 3]. Устойчивое развитие муниципалитетов невозможно без постоянного геоинформационного мониторинга экологических факторов. Дистанционное зондирование Земли является незаменимым инструментом для изучения природных и антропогенных воздействий на окружающую среду.

Результаты авторских исследований по эколого-геохимическим данным, статистика служб охраны природы, а также информация из анализа космических снимков, связанная с исследуемыми городами, были объединены в ГИС «Экологическая безопасность городов ЦЧР».

С помощью системы создаются цифровые карты, визуализирующие экологические риски и их влияние на здоровье населения.

Созданная нами геоинформационная система (ГИС «Экологическая безопасность городов ЦЧР») генерирует цифровые карты, демонстрирующие экологическую обстановку и выявляющие факторы риска для здоровья населения (рис. 1).

Данная система представляет собой структурированную базу данных, которая отображает природные ресурсы, социально-экономические и экологические условия городов Центрального Черноземья (Воронеж, Липецк, Белгород). Карты, созданные с помощью ГИС, акцентируют внимание на антропогенных факторах загрязнения, демонстрируя их влияние на экологический риск и здоровье населения.

Система также учитывает микроклиматические особенности регионов, а также социально-экономические показатели, такие как плотность дорог, размер автопарка, уровень доходов и качества жилищного фонда. Эти факторы также играют ключевую роль в создании экологической обстановки.



Рис. 1. Схема ГИС «Экологическая безопасность городов ЦЧР»

В основе модели «Экологическая безопасность населения» представлены математические алгоритмы, анализирующие собранные данные о загрязнении, микроклимате и социально-экономических показателях [2; 3].

Разработан комплексный индекс экологического благополучия для Воронежа, Липецка и Белгорода, позволяющий эффективно оценивать состояние окружающей среды и качество экологической политики региона. Этот индекс учитывает множество факторов и является мощным инструментом стратегического планирования.

Для анализа экологической обстановки в Центрально-Черноземном регионе использовались данные портала GeoMixer (ИТЦ СКАНЭКС).

Для проведения исследования использовались многоспектральные спутниковые изображения Landsat-8 и Sentinel-2 за период с 2015 по 2023 год, а также архивные данные Landsat-7 за 1999–2001 годы, чтобы оценить изменения антропогенного воздействия за последние двадцать лет. Обработка и анализ космических снимков выполнялись с помощью высокопроизводительного программного обеспечения Scanex Image Processor, что обеспечило возможность точной тематической классификации.

Для пространственного анализа полученных данных применялся пакет ArcGIS (рис. 2).

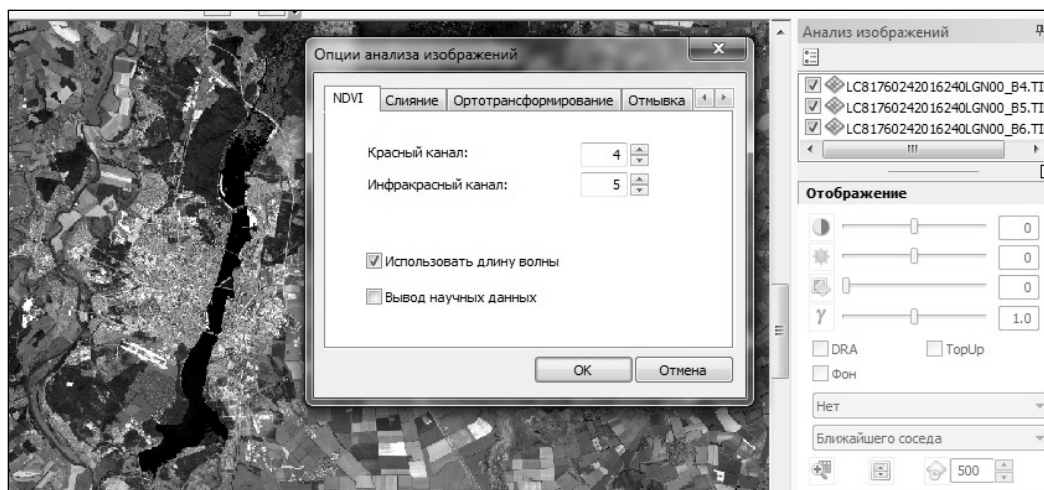


Рис. 2. Расчет индекса NDVI на территории г. Воронежа и пригородной зоны по космическому снимку

Влияние антропогенной деятельности на городские и природные ландшафты оценивалось с помощью индекса NDVI, позволяющего выявлять на спутниковых снимках как природные объекты, так и следы человеческой активности. Анализ показал критическую необходимость создания специализированной системы социально-экологического мониторинга, интегрированной в общенациональную систему.

Система включает в себя:

1. Оценку экологической обстановки для выявления основных источников техногенного воздействия.

2. Экономический анализ планируемых мер по оздоровлению экологической ситуации, с учетом устойчивого развития региона.

3. Анализ социально-экономических материалов для разработки эффективных стратегий развития.

4. Пространственный анализ и моделирование осуществлялись с помощью ГИС-технологий, обеспечивающих визуализацию данных.

Загрязнение атмосферного воздуха городов ЦЧР Воронежа, Липецка и Белгорода в значительной степени обусловлено автомобильным транспортом, особенно учитывая низкую скорость движения в часы пик (около 10 км/ч).

Для решения этой проблемы необходим комплексный подход, включающий:

- модернизацию дорожной инфраструктуры (строительство новых дорог и магистралей, внедрение умных транспортных систем);
- развитие и повышение привлекательности общественного транспорта (выделенные полосы), а также стимулирование использования экологически чистого транспорта (электромобили, велосипеды) и создание удобной пешеходной среды.

Перечисленные меры позволят повысить среднюю скорость движения, сокращая выбросы.

Решения в области промышленности.

Для снижения промышленного загрязнения предлагается:

- внедрение энергоэффективных технологий,
- модернизация очистных сооружений,
- переход на возобновляемые источники энергии,
- организация переработки промышленных отходов и постоянный экологический мониторинг промышленных зон.

Реализация этих мер значительно снизит негативное воздействие промышленных предприятий на городские экосистемы Центрального Черноземья.

Сокращение загрязнения воздуха — ключевой фактор улучшения экологической ситуации в городах Центрально-Черноземного региона. Для достижения этой цели требуется:

- усилить контроль за выбросами от транспортных средств и промышленных объектов,
- оптимизировать транспортное сообщение (модернизировать дороги, увеличить скорость движения),
- повысить качество благоустройства городских пространств, разработать и внедрить программы по улучшению «зеленых зон» городов для повышения качества воздуха и уменьшения загрязнений,
- повысить эффективность работы предприятий по переработке отходов.

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

Литература

1. Архипова О. Е. Оценка антропогенного воздействия на окружающую среду на основе растрового анализа // Фундаментальные исследования, инновационные технологии и передовые разработки в интересах долгосрочного развития Юга России. 2023. С. 83–88.
2. Епринцев С. А. Геоинформационно-аналитическая оценка экологической безопасности городов Центрально-Чернозёмного региона // Региональные геосистемы. 2022. Т. 46, № 3. С. 398–409.
3. Клепиков О. В., Стёпкин Ю. И., Куропан С. А., Епринцев С. А. Организация мониторинга канцерогенов в атмосферном воздухе города и оценка риска для здоровья // Санитарный врач. 2020. № 11. С. 19–28.
4. Кондратьев Д. Р. Использование технологий ДЗЗ на базе ситуационного центра Минприроды России в целях охраны окружающей среды // Геоматика. 2014. № 4. С. 40–46.
5. Сафонов А. И., Германова Е. А. Оценка геосистем Донбасса: фитоиндикация тератогенности и картографический анализ // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023. № 1. С. 98–104.
6. Сафонов А. И., Глухов А. З. Фитомониторинг в техногенно трансформированной среде: методология и практика // Экосистемы. 2021. № 28. С. 16–28.

Sergey Yeprintsev, Oleg Klepikov, Syuzanna Shekoyan
REGIONAL ECOLOGICAL MONITORING AS A FACTOR OF THE SAFETY
OF THE URBAN ENVIRONMENT (BASED ON THE EXAMPLE
OF A CITY IN CENTRAL RUSSIA)

Voronezh State University
esa81@mail.ru

Habitat protection is one of the main directions of development of modern cities, which face many environmental problems related to air pollution, water resources, soils and violation of the ecological balance. The environmental problems of cities in Central Russia, such as Voronezh, Lipetsk and Belgorod, require urgent solutions. The high anthropogenic pressure on these regions poses serious risks to the environment and public health. A comprehensive analysis of the socio-ecological situation in the Central Chernozem region, including original methods of ecological and geochemical assessment, remote sensing data and Rospotrebnadzor statistics, allowed us to develop recommendations for optimizing the urban environment. The main purpose of the study is to create a model for improving the environmental situation in these cities. The data obtained form the basis of an innovative geoinformation system that optimizes the socio-ecological state of the cities of the region. This model offers a comprehensive approach to solving existing environmental challenges.

The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 20-17-00172-P, <https://rscf.ru/project/20-17-00172/>

С. А. Куролап, О. В. Клепиков, Т. И. Прожорина, П. А. Суханов
ОЦЕНКА И ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В КРУПНЫХ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДАХ

Воронежский государственный университет
skurolap@mail.ru

Цель исследования заключается в оценке закономерностей формирования зон экологического риска в промышленных городах на основе комплексного использования лабораторно-инструментальных геоэкологических исследований и методов геоинформационного картографирования. Приведено описание созданного электронного медико-экологического атласа города Воронежа, результатов оценки экологических рисков для здоровья населения в городах Воронеж, Липецк, Белгород, связанных с техногенным загрязнением воздушного бассейна. Отдельное внимание уделено комбинированному воздействию автотранспортного и железнодорожного шума в зонах воздействия транспортных магистралей на территории новых пригородных районов города Воронежа, показавших, что эквивалентный уровень комбинированного шума вдоль железнодорожного полотна в дневное время превышает гигиенические нормативы на 10–18 дБА, а ночью на 22–29 дБА. Причем, в дневное время зона звукового дискомфорта не достигает селитебной территории, а в ночное время суток акустический дискомфорт формируется на 100 % площади жилого микрорайона. Снижение шума от автомобильного и железнодорожного транспорта может быть достигнуто путем установки звукопоглощающего экрана протяженностью 300 м.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_31

Современные города — центры острейших экологических проблем, а эффективная оценка экологической ситуации значительно улучшается с использованием современных геоинформационных технологий. Целью работы является иллюстрация возможностей геоинформационно-аналитических технологий для оценки и картографирования экологической ситуации в промышленном городе (на примере города Воронежа).

Методическая схема исследований включала 4 основных этапа: 1) формирование базы эколого-аналитических данных о загрязнении депонирующих сред (воздуха, водных объектов, почв) по результатам официальных статистических данных гидрометеослужбы и санитарно-эпидемиологической служб региона; 2) дополнительные лабораторно-инструментальные исследования для оценки загрязнения атмосферы канцерогенно опасными веществами (формальдегид и др.), оценки уровня шумового воздействия, биотических реакций древесных растений на техногенное загрязнение городской среды; измерения радиационного фона с учетом относительно равномерного охвата различных функционально-планировочных зон; 3) построение карт заболеваемости населения — взрослого и детского — по основным классам болезней и социально-значимым заболеваниям, в этиологии которых экологический фактор может иметь определенное значение (бронхиальная астма, анемия, мочекаменная болезнь и др.); 4) построение комплексных карт, иллюстрирующих «очаги» различного экологического риска для здоровья населения. Работа проведена учеными Воронеж-

ского государственного университета на базе аттестованной эколого-аналитической лаборатории совместно со специалистами-практиками Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области. Период исследований охватывал 5 лет (2020–2024 гг.)

В результате исследований создан электронный медико-экологический атлас города Воронежа. Для картографирования использованы программные среды MapInfo, ENVI-met; масштаб исходных карт — 1 : 25000. Всего создано 63 карты с возможностью их дальнейшей актуализации. Атлас находится в открытом доступе (<http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm>) [4]. Создание большинства цифровых карт опасности техногенных воздействий на среду обитания осуществляется в среде ГИС MapInfo методом пространственного интерполирования значений показателей и индексов экологической опасности способом изолиний (методом IDW-интерполирования с построением изолиний при помощи модуля «Поверхность»).

Созданный атлас позволил сформулировать следующие основные закономерности формирования зон экологического риска в городе Воронеже:

1) аэротехногенное загрязнение города формируется за счет природно-экологического фактора, в частности, сезонной динамики стратификации атмосферы, а также особенностей функционально-планировочной инфраструктуры и промышленно-транспортного комплекса; максимальное загрязнение формируется, как правило, в теплое время года при снижении рассеивающей способности атмосферы. В это время обычно чаще наблюдаются максимальные концентрации загрязняющих веществ вследствие устойчивой стратификации атмосферы (инверсия), а минимальные концентрации отмечаются чаще в холодное время года и при «неустойчивом» состоянии атмосферы (конвекция), причем одним из ведущих индикаторов техногенного загрязнения атмосферы является формальдегид, обладающий канцерогенным эффектом, концентрации которого в воздушном бассейне положительно коррелируют с температурным фоном и отрицательно — с ветровым фактором как в суточном, так и в сезонном аспектах (пример карты загрязнения воздушного бассейна вследствие эмиссии загрязняющих веществ приведен на рисунке 1;

2) транспортный шум примерно на 14–16% определяет повышение уровня заболеваний населения, прежде всего, болезнями сердечно-сосудистой и нервной систем;

3) биотические реакции древесных растений позволяют подучить необходимую дополнительную информацию о наличии зон экологического риска, а лучшими индикаторами являются береза повислая и тополь итальянский; наиболее ослабленные виды приурочены к промышленным зонам, ограниченно ослабленные — к транспортным автомагистралям;

4) картографирование уровней детской заболеваемости показало, что врожденные аномалии развития у детей наиболее логично увязываются с интенсивности промышленно-транспортного потенциала города, создавая «очаг риска» в юго-восточном секторе города вблизи комплекса «промышленных гигантов» (АО «Воронежсинтезкаучук», самолетостроительное предприятие «ВАСО», ТЭЦ-1, Шинный завод); также повышен уровень анемии как ответная реакция на экологические стрессы в промышленно загрязненных микрорайонах;

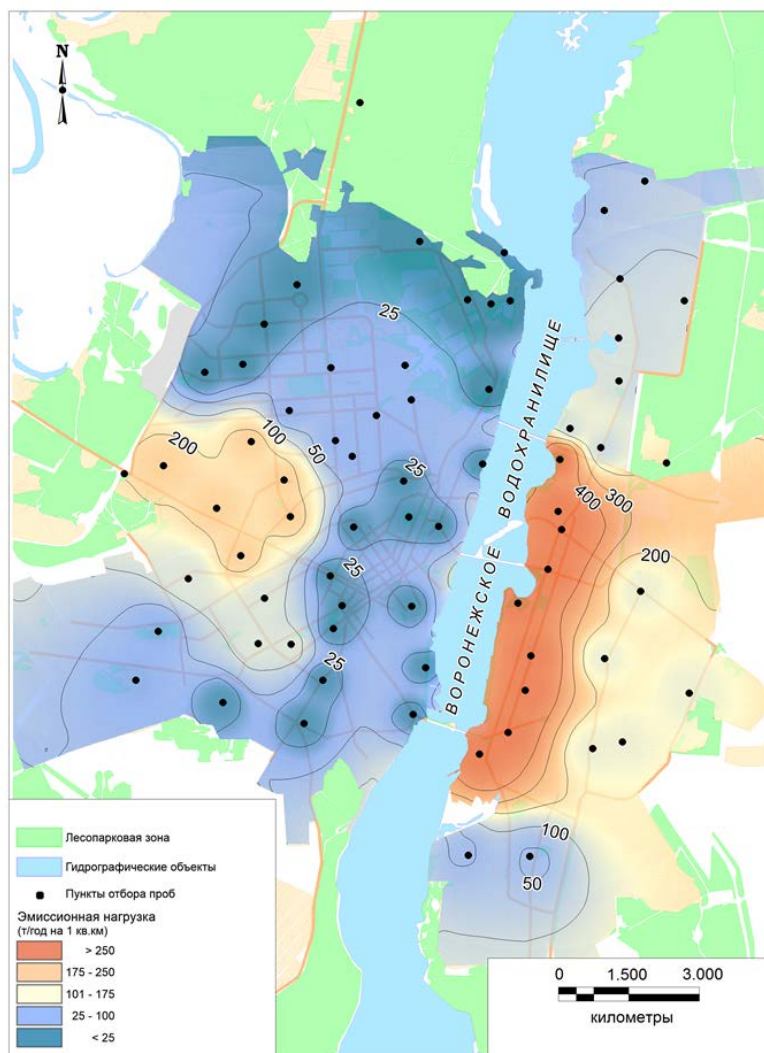


Рис. 1. Эмиссионная нагрузка выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников

5) в число приоритетных факторов риска здоровью населения входят коэффициент эмиссионной нагрузки от выбросов загрязняющих веществ с канцерогенным эффектом от стационарных и передвижных источников (формальдегид, хром шестивалентный, 1,3-бутадиен, бенз(а)пирен), а также индекс автотранспортной загруженности территории.

Созданный атлас стал основой продолжения исследований по детальному анализу аэротехногенных рисков (химического загрязнения воздушного бассейна и шумового воздействия) на территории городов Воронеж, Липецк, Белгород. Проведен корреляционный анализ, по результатам которого установлена единая тенденция

для исследуемых городов Центрального Черноземья: наиболее значимым метеорологическим параметром является температура воздуха, причем отмечаются положительные корреляции (т. е. с ростом температуры возрастает загрязнение атмосферного воздуха), наиболее устойчивые для города Воронежа и наименее достоверные — для города Белгорода. В целом, среди исследуемых городов Центрального Черноземья Белгород является самым «чистым» городом, а Липецк и Воронеж загрязнены в большей степени, причем наиболее загрязненным является город Воронеж.

Для оценки канцерогенного риска, связанного с загрязнением атмосферы, анализировалась динамика годовых, сезонных и помесечных концентраций формальдегида. Установлено, что в исследуемых городах как в промышленной, так и в жилой зонах риски практически не превышали опасного уровня ни в один из сроков наблюдений. Превышения были возможны лишь в отдельные летние месяцы вблизи крупных промышленных комплексов. Но, несмотря на допустимый уровень концентраций формальдегида в целом на территории городов, риски относятся к предельно допустимым, т. е. рискам, вызывающим беспокойство. В таблице 1 приведены средние значения канцерогенного риска в городах Центрального Черноземья — Воронеже, Липецке и Белгороде по основным функционально-планировочным зонам.

Таблица 1

Результаты оценки канцерогенного риска* в городах ЦЧР

Город	Функционально-планировочные зоны и сроки наблюдений					
	промышленная			жилая		
	7:00 час	13:00 час	19:00 час	7:00 час	13:00 час	19:00 час
Воронеж	$6,1 \cdot 10^{-5}$	$9,2 \cdot 10^{-5}$	$8,4 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$7,2 \cdot 10^{-5}$	$6,4 \cdot 10^{-5}$
Липецк	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$5,9 \cdot 10^{-5}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$5,3 \cdot 10^{-5}$	$5,4 \cdot 10^{-5}$
Белгород	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$3,6 \cdot 10^{-5}$	$3,9 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$

*) риск: $\leq 1 \cdot 10^{-6}$ — допустимый; $1,01 \cdot 10^{-6}$ — $9,99 \cdot 10^{-5}$ — предельно допустимый; $\geq 1 \cdot 10^{-4}$ — опасный.

Отдельное внимание уделено нами выяснению роли железнодорожного транспорта в формировании акустического фона в городах, учитывая, что железнодорожный транспорт России интенсивно развивается, значительно растет объем грузо- и пассажирооборота. Вместе с тем при неизбежном прохождении железнодорожных путей через населенный пункты, шум, генерируемый подвижным составом, становится причиной дискомфортных условий проживания в селитебных зонах, территориально примыкающих к железной дороге, что показано в ряде региональных исследований [1; 5; 6].

В качестве объекта исследования нами выбран участок на территории активно застраиваемой селитебной зоны нового микрорайона «Боровое», расположенного в северо-восточной части городского округа город Воронеж. В непосредственной близости от жилых домов (100–110 м) расположена Юго-Восточная железная дорога, по которой с высокой интенсивностью движутся грузовые и пассажирские поезда дальнего следования, а также пригородные электрички. Примерно в 350 м от первой мониторинговой точки контроля (м. т. к.) железнодорожное полотно пересекает 6-полосная

федеральная автотрасса М4 «Дон» (участок обхода Воронежа) с интенсивностью движения свыше 40 тысяч автомобилей в сутки, которая характеризуется как «непереносимо шумная» и относится к 6 классу шумности [3]. При этом следует отметить, что другие источники шума в пределах исследуемой территории отсутствуют. Таким образом, на жилую зону протяженностью 300 м, включающую объекты многоэтажной застройки и одноэтажные дома частного сектора, оказывают влияние одновременно два мощных источника шума: железная дорога и трасса М4 «Дон», поэтому исследуемая селитебная территория нуждается в постоянном контроле за уровнем акустической нагрузки.

В ходе исследования влияния железнодорожного (ж/д) шума на акустический фон жилой городской застройки весной 2024 года были проведены натурные замеры уровня комбинированного шума (автотранспортный и ж/д) в 12 мониторинговых точках контроля, количество которых подобрано таким образом, чтобы полностью покрыть территорию объекта исследования и проанализировать вклад ж/д транспорта по мере его удаления от жилых домов (25–50–75–100 м) (рис. 2). Для измерений шума использован шумомер «Ассистент» (1 класс точности). Измерения и анализ результатов проводились в соответствии с требованиями нормативных документов¹. В связи с тем, что при оценке уровня шума от железнодорожного транспорта полностью исключить автотранспортный шум в исследуемых точках не представляется возможным, оценивался комбинированный шум.

Всего выполнено 96 измерений, в том числе: ж/д шум — по 36 измерений днем (с 7.00 час до 23.00 час) и по 36 — ночью (с 23.00 час до 07.00 час) для трех видов подвижного состава (грузовые, пассажирские и пригородные электропоезда); автотранспортный шум — по 12 замеров днем и ночью.

По данным изменения уровня шумового воздействия составлены карты акустической нагрузки на территории жилого микрорайона, примыкающего к ж/д полотну, которые позволяют достоверно оценить влияние комбинированного шума на селитебную зону по мере удаления от источника акустического воздействия. Построение карт акустической нагрузки осуществлялось в картографической программе Quantum GIS.

Анализ шумового воздействия в дневное время показал, что в периоды отсутствия железнодорожного движения вся территория исследования принадлежит к зоне благоприятного акустического состояния (рис. 2). При прохождении ж/д составов вдоль исследуемой селитебной территории, составляющей 300 м, зона дискомфорта не достигает селитебной территории, на расстоянии в 100 м формируется благоприятная акустическая обстановка.

¹ ГОСТ 31296.2–2006. Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Ч 2. М., 2008. 37 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200062369> (дата обращения: 08.11.2024); СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. М., 2021. 496 с. URL: https://www.rosпотреbnadzor.ru/files/news/GN_sreda%20obitaniya_compressed.pdf (дата обращения: 08.11.2024).



Рис. 2. Картограммы уровня шума в различное время суток: А) автотранспортный шум; В) комбинированный шум от автотранспорта и пассажирских поездов; С) комбинированный шум от автотранспорта и пригородных электропоездов

В ночное время в периоды отсутствия железнодорожного движения, шум на селитебной территории не превышает ПДУ. Однако, в случае прохождения ж/д транспорта вдоль селитебной территории, уровень шума выше допустимого значения на расстоянии 100 м от ж/д полотна до жилой территории и образует 100 % зону дискомфорта.

Таким образом, учитывая тот факт, что жилая застройка удалена от основного источника шума более, чем на 100–110 м, в дневное время суток железная дорога практически не создает повышенную шумовую нагрузку на исследуемую территорию (рациональное архитектурно-планировочное решение). Однако, для сдерживания распространения шума от проходящих вдоль жилой зоны всех видов ж/д транспорта, превышающих ПДУ на 5,4–12 дБА в ночное время суток, можно рекомендовать установку звукопоглощающего экрана, эффективность которого подтверждена в ряде исследований [2; 7; 8].

Следовательно, снижение шума, производимого комбинированным воздействием автомобильного и железнодорожного транспорта, в конкретном случае может быть достигнуто путем установки звукопоглощающего экрана длиной не менее 300 м, способного обеспечить необходимую зону комфорта для жителей нового микрорайона в ночное время суток.

Полученные закономерности могут быть использованы для обеспечения экологической безопасности населения в перспективном градостроительстве и территориальном планировании.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 20-17-00172 (<https://rscf.ru/project/20-17-00172>).

Литература

1. Акустическое воздействие железнодорожного транспорта на селитебные территории города Воронежа / П. А. Суханов, Т. И. Прожорина, А. С. Боева, О. В. Клепиков // Здоровье населения и среда обитания – ЗниСО. 2024. Т. 32, № 3. С. 23–32.
2. Копытенкова О. И., Афанасьева Т. А. Эффективность снижения шума от железнодорожного транспорта акустическими экранами // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102, № 8. С. 764–767.
3. Минина Н. Н. Классификация автомобильных дорог по шуму и расчет шума автотранспорта // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 1-3. С. 909–912.
4. Медико-экологический атлас города Воронежа [Электронный ресурс] / С. А. Куролап, О. В. Клепиков, Т. И. Прожорина и др. Воронеж, 2019. URL: <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm> (дата обращения: 08.11.2024).
5. Мусаткина Б. В., Кообар А. А. Оценка шума железнодорожного подвижного состава на территории жилой застройки // Известия Транссиба. 2022. №4 (52). С. 123–132.

6. Репницын В. М., Ладыгин М. Е. Воздействие шума и вибраций железнодорожного и авиационного транспорта на здоровье человека // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. 2023. №2 (50). С. 72–77.

7. Теляга Т. В., Ильясов О. Р. Защита населения городов от транспортного шума // Молодежь и наука. 2022. №6. С. 23–28.

8. Уровни шума на примыкающих территориях линейного города и способы борьбы с ним / Ю. П. Иванова, А. А. Сахарова, О. О. Иванова и др. // Инженерный вестник Дона. 2022. № 12 (96). С. 42–48.

S. Kurolap, O. Klepikov, T. Prozhorina, P. Sukhanov
ASSESSMENT AND GEOINFORMATION MAPPING
OF THE ECOLOGICAL SITUATION IN LARGE INDUSTRIAL CITIES

Voronezh State University
skurolap@mail.ru

The aim of the study is to assess the patterns of formation of environmental risk zones in industrial cities based on the integrated use of laboratory and instrumental geo-ecological studies and geoinformation mapping methods. The description of the created electronic medical and ecological atlas of the city of Voronezh, the results of the assessment of environmental risks to public health in the cities of Voronezh, Lipetsk, Belgorod associated with technogenic pollution of the air basin are given. Special attention is paid to the combined impact of road and rail noise in the areas affected by transport highways in the territory of new suburban areas of the city of Voronezh, which showed that the equivalent level of combined noise along the railway track during the daytime exceeds hygienic standards by 10–18 dBA, and at night by 22–29 dBA. Moreover, during the daytime the zone of sound discomfort does not reach the residential area, and at night acoustic discomfort is formed on 100% of the area of the residential microdistrict. Reduction of noise from automobile and railway transport can be achieved by installing a sound-absorbing screen 300 m long.

О. В. Клепиков, С. А. Епринцев, С. В. Шекоян
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
В ГОРОДАХ ВОРОНЕЖ, ЛИПЕЦК, ТУЛА

Воронежский государственный университет
klepa1967@rambler.ru

Целью исследования являлась оценка состояния окружающей среды в промышленно-развитых городах Воронеж, Липецк, Тула. Используются материалы собственных исследований (атмосферный воздух — 9 контрольных точек, 5 загрязнителей; питьевая вода — 5 контрольных точек в каждом из городов на 5 показателей). В ряде случаев выявлены превышения максимально разовых ПДК для атмосферного воздуха населенных мест по содержанию взвешенных веществ и диоксида азота в г. Липецк и по содержанию взвешенных веществ в г. Воронеж. По питьевой воде превышений гигиенических нормативов не выявлено. Полученные результаты сопоставлялись с доступными материалами контрольно-надзорных ведомств по оценке состояния окружающей среды.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_32

Оценка уровня загрязнения окружающей среды в промышленно-развитых городах является актуальной задачей, поскольку ее результаты используются для анализа риска здоровью населения и разработки приоритетных природоохранных мероприятий [1, 2, 3, 4].

Целью исследования являлась оценка состояния окружающей среды в промышленно-развитых городах Воронеж, Липецк, Тула.

Методы исследования. Собственные исследования включали отбор проб и анализ результатов уровня загрязнения атмосферного воздуха в 19 контрольных точках в городах Воронеж (4 точки), Липецк (7 точек), Тула (8 точек) по 5 компонентам: оксид углерода, формальдегид, диоксид серы, диоксид азота (использован универсальный газоанализатор ГАНК-4(А), МВИ 4215-002-56591409-2009) и взвешенных веществ (электроаспиратор ПУ-5, гравиметрический метод по РД 52.04.893-2020). При этом использованы средства измерений экоаналитической лаборатории факультете географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета. Всего выполнено 57 измерений (не менее 3-х в каждой контрольной точке).

Питьевая вода отбиралась из централизованной распределительной сети (по 5 контрольных точек в каждом из городов на 5 показателей — содержание железа, марганца, нитратов, обобщенные показатели — минерализация и жесткость). Исследования проводились с апреля по июль 2024 года (рис. 1).

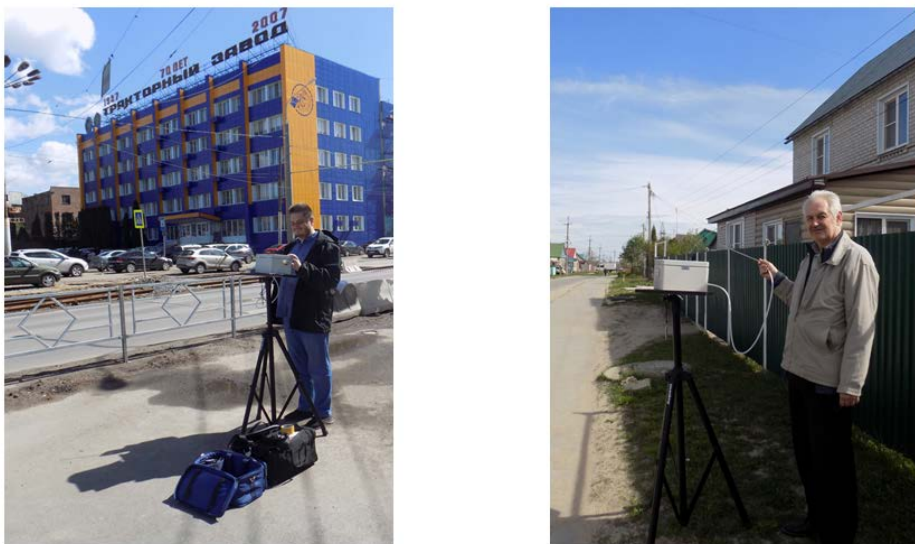


Рис. 1. Отбор проб атмосферного воздуха в г. Липецк проводят доцент С. А. Епринцев и профессор О. В. Клепиков

Также проанализированы материалы, опубликованные в Докладах «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения» в 2023 году).^{1 2 3}

Результаты. Установлено, что в г. Воронеже имели место факты превышения гигиенических нормативов по содержанию взвешенных веществ в 2-х точках отбора проб (до 1,15 и 1,19 ПДК_{мр}).

Вместе с тем из трех городов наиболее загрязненным является левобережная часть г. Липецка, где нами зарегистрированы превышения максимально разовых ПДК содержания химических веществ в атмосферном воздухе населенных мест (контрольная точка №1 — ул. Краснозаводская, д.1 — напротив Липецкого тракторного завода; контрольная точка №2 — ул. Metallургов, д. 22 — напротив коксохимического цеха Новолипецкого металлургического комбината) по содержанию взвешенных веществ (до 1,22 ПДК_{мр}) и диоксиду азота (до 1,31 ПДК_{мр}) — таблица 1.

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2023 году : Доклад. Воронеж : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2024 199 с. URL: https://36.rosпотребнадзор.ru/download/dokl_seb_2023.pdf (дата обращения: 26.08.2024).

² О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Липецкой области в 2023 году : Доклад. URL: <http://48.rosпотребнадзор.ru/Default.aspx?mnu=e920e6045ea74ec4adcd7964f2c6320a> (дата обращения: 26.08.2024).

³ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Тульской области в 2023 году : Государственный доклад. Тула : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Тульской области, 2024. 209 с. URL: <https://71.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/036/v22x3wm5wh4lclphgkqnfhygy8ci5tdll.pdf> (дата обращения: 26.08.2024).

Таблица 1

Объем исследований и результаты оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах Воронеж, Липецк, Тула

Город	Точки отбора проб атмосферного воздуха	Предполагаемый источник	Число измерений	Результат, выше или ниже ПДК _{мр} содержания загрязняющих веществ для воздуха населенных мест (+/-) ⁴
Воронеж	Ул. Кронштадтская, 1	Левобережная промзона	3	+ (взвешенные вещества — 1,15 ПДК)
	Ул. Солнечная, д. 37	Коминтерновская промзона + автотранспорт	3	+ (взвешенные вещества — 1,31 ПДК)
	Московский проспект, 90	Автотранспорт	3	–
	Ул. Березовая роща, 8а	Фоновая точка, рекреационная зона, Центральный парк	3	–
Липецк	Ул. Краснозаводская, д.1 (напротив Липецкого тракторного завода)	Металлургическое производство + автотранспорт	3	+ (взвешенные вещества — 1,15 ПДК, диоксид азота — 1,18 ПДК)
	Ул. Metallургов, д. 22 (напротив коксохимического производства НЛМК)	Металлургическое производство	3	+ (взвешенные вещества — 1,22 ПДК, диоксид азота — 1,31 ПДК)
	Площадь Metallургов, д.2 (напротив заводоуправления НЛМК)	Металлургическое производство + автотранспорт	3	–
	Ул. Водопьянова, д. 39	Автотранспорт	3	–
	Ул. Гагарина, д. 6	Автотранспорт	3	–
	Ул. Буденного, д. 66 (частный сектор)	Фоновая точка	3	–
	Ул. Карла Маркса, 7 (рекреационная зона)	Фоновая точка	3	–
Тула	Калужское шоссе, 99 км, въезд в г. Тулу со стороны М-2	Автотранспорт	3	–
	Ул. Советская, 62	Автотранспорт	3	–
	Ул. Луначарского, д. 9	Тульский оружейный завод	3	–
	Переулок Городской, д. 17	Автотранспорт	3	–
	Ул. Станиславского, 49 (частный сектор)	Фоновая точка удалена от источников	3	–
	поселок Косая гора городского округа город Тула, ул. Октябрьская, 13	Косогорский металлургический комбинат	3	–
	поселок Косая гора городского округа город Тула, ул. Демешковская, 36	Косогорский металлургический комбинат	3	–
	поселок Косая гора городского округа город Тула, ул. Максима Горького, 2	Косогорский металлургический комбинат	3	–

⁴ СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 26.08.2024).

В г. Тула превышений гигиенических нормативов содержания загрязняющих атмосферный воздух веществ не установлено.

По содержанию в атмосферном воздухе оксида углерода, формальдегида, диоксида серы ни в одном из городов превышений гигиенических нормативов в период проведения исследований не выявлено.

Качество питьевой воды в городах Воронеж, Липецк, Тула по исследуемым показателям (содержание железа, марганца, нитратов, обобщенным показателям — минерализация и жесткость) соответствует гигиеническим нормативам.

Результаты наших анализов согласуются с материалами систематического государственного мониторинга уровня загрязнения атмосферного воздуха, который ведется в городах на стационарных постах (Госгидрометеослужба) и маршрутных точках (Центры гигиены и эпидемиологии в субъектах в рамках функционирования региональных систем социально-гигиенического мониторинга — СГМ) за 2023 г.:

- на территории города Воронеж система мониторинга включает 5 стационарных постов и 5 маршрутных в рамках СГМ, определяются среднесуточные концентрации 12 веществ; выявлены факты превышения ПДК по содержанию взвешенных веществ до 2-х раз (0,8% проб);

- на территории города Липецк систематические наблюдения ведутся на 6 стационарных постах по 17 ингредиентам и в 2-х маршрутных мониторинговых точках в рамках СГМ по 5 показателям; выявлены факты превышения ПДК по содержанию взвешенных веществ PM_{2,5} (27,2% проб);

- в г. Тула в рамках надзорных мероприятий и проведения социально-гигиенического мониторинга по результатам исследований 3167 проб атмосферного воздуха превышений гигиенических нормативов не установлено.

Таким образом, результаты наших исследований, хотя им присуще неопределенности, связанные с ограниченным числом отбора и анализа проб воздуха и питьевой воды, а также определяемых компонентов в целом согласуются с материалами официального мониторинга состояния окружающей среды.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00272, <https://rscf.ru/project/24-27-00272/>

Литература

1. Епринцев С. А., Клепиков О. В., Дьякова Н. А., Виноградов П. М., Шекоян С. В. Геоинформационный мониторинг формирования очагов экологически-обусловленной заболеваемости населения крупных городов при воздействии факторов окружающей среды // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2024. № 3. С. 135–141.

2. Исаев Д. С., Мозжухина Н. А., Степанян А. А. Обоснование временных отступлений качества питьевой воды с учетом новых научных данных для оценки риска здоровью населения // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. 2024. Т. 32, № 5. С. 23–32.

3. Каманина И. З., Каплина С. П., Макаров О. А. Канцерогенный риск, связанный с загрязнением почв, для здоровья населения городов // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 3. С. 299–304. Экокоридор в рамках мегаполиса как элемент преодоления экологических барьеров // Наука, образование и экспериментальное проектирование. 2015. С. 228–232.

4. Осипова Н. А., Осипов К. Ю., Новиков С. А., Таловская А. В., Язиков Е. Г. Обработка эколого-геохимических данных для оценки риска здоровью населения с использованием информационных технологий // Разведка и охрана недр. 2023. № 1. С. 14–18.

O. V. Klepikov, S. A. Yeprintsev, S. V. Shekoyan
ASSESSMENT OF THE STATE OF THE ENVIRONMENT
IN THE CITIES OF VORONEZH, LIPETSK, TULA

Voronezh State University
klepa1967@rambler.ru

The purpose of the study was to assess the state of the environment in the industrialized cities of Voronezh, Lipetsk, Tula. The materials of our own research were used (atmospheric air—19 control points, 5 pollutants; drinking water—5 control points in each of the cities by 5 indicators). In a number of cases, exceedances of the maximum single MPC for the atmospheric air of populated areas in terms of the content of suspended substances and nitrogen dioxide in Lipetsk and in terms of the content of suspended substances in Voronezh were revealed. There were no violations of hygienic standards for drinking water. The obtained results were compared with the available materials of the control and supervisory agencies for the assessment of the state of the environment.

И. С. Кузьмичев^{1,*}, Н. А. Васейкина¹, А. А. Медведков^{1,2}
ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ХИБИН
И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИХ ОСВОЕНИЯ
В ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

²Институт географии РАН

*pilot238@mail.ru

Анализируются основные виды природно-ориентированного туризма, имеющие ресурсный потенциал для их развития в летнее время на территории юго-западных Хибин. Обсуждаются основные геоэкологические ограничения, обусловленные загрязнением природной среды (мирные ядерные взрывы, пыление хвостохранилищ, недостаточно очищенные промышленные стоки и др.), а также высокая активность склоновых процессов и повышенная уязвимость ландшафтов к рекреационной нагрузке.

DOI: 10.15356/geoeeco_2024_1_33

Мурманская область является одним из лидеров по приросту численности туристского потока за последние пять лет. Так, за 2023 г. Мурманскую область посетило около 670 тыс. человек [11]. Относительно 2022 г. рост турпотока увеличился на 30%. Кировский район Мурманской области за 2023 г. посетили 280 тыс. чел. (из них 80 тыс. чел. в летний сезон), где основным объектов притяжения являются Хибинны.

Рекреационная привлекательность Хибин обусловлена не только разнообразием природных туристских ресурсов, но и относительно развитой инфраструктурой, а также сформировавшимся за долгие годы туристским брендом Хибин [3]. Существует потенциал для дальнейшего увеличения турпотока в этот район, особенно в тёплое время года (табл. 1).

Таблица 1

Виды летнего природно-ориентированного туризма в Хибинах (составлено авторами)

Виды туризма	Территориальная приуроченности	Геоэкологические ограничения
Хайкинг	вся территория Хибин	осыпи, обвалы
Кросс-кантри	Ю-3 часть Хибин	осыпи, обвалы
Маунтин-байк	Ю-3 часть Хибин	осыпи, обвалы
Параглайдинг	Ю-3 часть Хибин	загрязнение воздуха при пылении хвостохранилищ
Альпинизм	Ю-3 часть Хибин	обвалы
Кайтинг	озёра и реки Хибин	плохо прогревающиеся озёра с холодной водой
Экологический	ООПТ и ближайшие к ним окрестности	осыпи, обвалы
Геолого-минералогический	вся территория Хибин	осыпи, обвалы, техногенные угрозы

Наиболее развитыми видами летнего туризма являются его пешие разновидности (хайкинг, трекинг), велотуризм (кросс-кантри, маунтин-байк), поездки на квадроциклах, скалолазание и альпинизм. Активно развиваются каякинг и кайтинг, параглайдинг, историко-культурный, экологический, событийный виды туризма. Значительным потенциалом для развития обладает геолого-минералогический.

Развитие летнего туризма в Хибинах сочетается с наличием геоэкологических ограничений, которые необходимо учитывать с целью охраны уязвимых ландшафтов и обеспечения безопасности туристов. Ниже они будут обозначены и кратко рассмотрены.

Так, Хибинские горы характеризуются значительной крутизной склонов, что определяет высокую активность экзогенных процессов. Некоторые из них представляют угрозу туристам. К таким процессам можно отнести: осыпи и обвалы, которые приурочены к склонам ледниковых цирков, где уклоны превышают угол естественного откоса (30–35°) [9]. Эти процессы могут усиливаться естественной и наведённой сейсмичностью, вызванной проводимыми взрывами на месторождениях. Довольно редко при сильных ливнях на склонах крутизной 25–35°, сложенных чехлом из моренных и склоновых отложений, мощностью 0,3–1 м, могут формироваться склоновые сели и оплывины [9]. Участки распространения неблагоприятных экзогенных процессов требуют изучения и картирования, а также учёта при проектировании средозащитной инфраструктуры с целью охраны природы и обеспечения безопасности туризма.

Требуется изучения и потенциальная угроза — радиационная опасность для туристов и местного населения, связанная с расположением в долине р. Кунийок объектов мирных ядерных взрывов (МЯВ) серии «Днепр», произведённых в 1972 и 1984 гг. Отмечается снижение радиоактивности шахтных вод, фильтрующихся из штолен МЯВ, уровень ионизирующего излучения которых выше регионального фона, но не превышают установленные нормы радиационной безопасности [12]. Имеющиеся оценки показывают, что концентрация выносимых радионуклидов (^3H , ^{137}Cs , ^{90}Sr) в местах пробоотбора не превышают уровень вмешательства по НРБ-99/2009 [10, 12]. В черте г. Кировска отмечается повышенная удельная активность таких радионуклидов как ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , что в значительной степени может быть связано с высокой техногенной нагрузкой (пыление хвостохранилищ и др.) [5]. Таким образом, необходимо проведение радиационно-гигиенического мониторинга, картирование его результатов и непрерывное информирование населения и рекреантов, посещающих Хибинские горы, о существующей радиационной обстановке [12].

Актуальна проблема качества атмосферного воздуха из-за упомянутого пыления хвостохранилищ в условиях сильных западных и северо-западных ветров, а наибольшая пылевая нагрузка характерна для южных и юго-западных склонов Хибин [1]. Также отмечается воздействие пылевых выбросов на склоны юго-восточных Хибин из-за взрывных работ при горной добыче и пыления хвостохранилищ ГОК «Олений ручей» [2]. Помимо этого, отмечается загрязнение водных объектов в связи со сбросом сточных вод шахт и карьеров в водотоки. Существуют оценки, что в результате ком-

плексного загрязнения окружающей среды в муниципальных округах Апатиты и Кировск отмечается повышенный уровень смертности местного населения из-за болезней органов дыхания и новообразований [4].

Также для увеличения туристического потока в летний сезон необходимо регулирование рекреационной нагрузки, основанной на оценке уязвимости ландшафтов.

Повышенная уязвимость горных ландшафтов обусловлена природно-географической спецификой территории. Морфолитогенная основа хибинских ландшафтов отличается подверженностью к механическим воздействиям в связи с высоким денудационным потенциалом, обусловленным значительной крутизной склонов и мощным чехлом отложений ледникового генезиса [7], а также высокой активностью перигляциальных процессов (быстрая и медленная солифлюкция; нивация; морозно-дефляционные процессы и т. д.). Растительный покров также весьма уязвим к механическим воздействиям из-за невысокого экологического потенциала ландшафтов, обусловленного дефицитом тепла (короткий вегетационный период — 100–105 дней и низкие суммы активных температур — 400–800 °C) [8]. Нарушение же растительного покрова приведёт к дальнейшему усилению активности экзогенных процессов [7]. Степень уязвимости ландшафтов к рекреационной нагрузке характеризуется пространственной неоднородностью. Это обстоятельство требует не только оценки этой характеристики ландшафтов, но и картирования её результатов, что позволит более эффективно подходить к внедрению природоохранных мероприятий и управлению потоками туристов.

Таким образом, при развитии в Хибинах летних видов туризма необходимо учитывать геоэкологические ограничения, которые в зависимости от вида туристической активности могут отличаться.

1. Для большинства видов летнего туризма, маршруты которых пролегают по горным склонам, главную угрозу представляют экзогенные процессы склонового типа. Требуется внедрение средозащитных мероприятий и инфраструктурных решений, направленных на повышение безопасности туризма и охрану природы.

2. Техногенные угрозы, обусловленные накопленным загрязнением, необходимо учитывать при многодневных пеших маршрутах по долине р. Кунийок и окружающих её горных склонах. Обозначенная проблема требует дальнейших исследований, особенно вблизи стихийных туристических маршрутов и стоянок.

3. Высокая уязвимость горной территории к рекреационной нагрузке. Наиболее уязвимы природные комплексы, характеризующиеся высоким денудационным потенциалом с разреженной или мохово-лишайниковой растительностью, подверженной механическим воздействиям. К данному типу относятся прорывные моренные террасы в долине р. Поачвумйок. Среди туристических активностей наиболее значимую угрозу горным ландшафтам создают поездки на квадроциклах и велотуризм, что необходимо учитывать при зонировании территории и реализации природоохранных мероприятий.

Литература

1. Амосов П. В., Бакланов А. А., Горячев А. А. и др. Пыление хвостов обогащения апатит-нефелиновых руд: экологическая проблема и пути ее решения. Апатиты : Кольский научный центр Российской академии наук, 2023. 168 с.
2. Даувальтер В. А., Сандимиров С. С., Денисов Д. Б. и др. Химический состав снежного покрова в зоне влияния атмосферных выбросов ГОК «Олений Ручей» // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2023. № 20. С. 77–86.
3. Валькова Т. М., Шабалина Н. В., Горячко М. Д. Развитие туризма в моногородах: г. Кировск // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2019. № 4. С. 84–95.
4. Евсеев А. В., Воробьевская Е. Л., Мазурова А. Д., Хусейнова А. Ф. Эколого-геохимический анализ состояния и трансформация природной среды в Хибинском горном массиве // Сергеевские чтения : Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, Пермь, 2019 г. / под ред. В. И. Осипова и др. Пермь : ПГНУ, 2019. Вып. 21. С. 297–302.
5. Изловский С. А., Баженов А. В., Кряуцонас В. В., Яковлев Е. Ю. Особенности пространственного распределения ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th в почвах города Кировска (Мурманская область) // Арктика: экология и экономика. 2023. Т. 13, № 3. С. 473–481.
6. Исаченко А. Г. Введение в экологическую географию. СПб. : СПбГУ, 2003. 191 с.
7. Карта четвертичных образований Q-36-III, Q-36-IV // Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1 : 200 000. Серия Кольская. ОАО «Центрально-Кольская экспедиция», 1999.
8. Медведков А. А., Никанорова А. Д., Шабалина Н. В. Функциональное зонирование города Кировска (Мурманская область) в условиях туристско-рекреационного освоения его территории // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2019. Т. 25, № 2. С. 429–436.
9. Природные условия Хибинского учебного полигона : Учебное пособие по практикам студентов-географов в Хибинах / под ред. С. М. Мягкова. М. : МГУ, 1986. 168 с.
10. Рамзаев В. П., Библин А. М., Репин В. С., Храмцов Е. В., Варфоломеева К. В. Загрязнение тритием поверхностных и подземных вод в месте проведения мирных подземных ядерных взрывов серии «Днепр» // Радиационная гигиена. 2022. № 15(1). С. 6–26.
11. Туристический поток в Мурманскую область. URL: <https://tourism.gov-murman.ru/documents/statisticheskie-dannye/> (дата обращения: 23.10.2024).
12. Храмцов Е. В., Варфоломеева К. В., Зеленцова С. А. и др. Объективное и субъективное в оценке опасности последствий мирных ядерных взрывов на примере объекта "Днепр" // Радиационная гигиена. 2015. Т. 8, № 1. С. 35–44.

I. Kuzmichev^{1,*}, N. Vaseikina¹, A. Medvedkov^{1,2}

**NATURAL AND RECREATIONAL RESOURCES OF Khibiny
AND GEOECOLOGICAL PROBLEMS OF THEIR DEVELOPMENT
IN SUMMER**

¹Lomonosov Moscow State University

²Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences
pilot238@mail.ru

The main types of nature-oriented tourism with resource potential for their development in summer in the territory of the southwestern Khibiny are analyzed. The main geoecological limitations caused by pollution of the natural environment (peaceful nuclear explosions, dusting of tailings, insufficiently purified industrial wastewater, etc.), as well as high activity of slope processes and increased vulnerability of landscapes to recreational load are discussed.

Л. Б. Вампилова

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ПОДХОДЫ
В ИСТОРИКО-ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЕВ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт-Петербург
histgeolbv67@gmail.com

Исследовательские задачи исторической геоэкологии предусматривают анализ научных изысканий по поводу применения категории времени и учету роли хронологических исследований в системе «ландшафт — этнос — природопользование». Постигание (разгадывание) и последующее осмысление смены сценариев природопользования устанавливается посредством создания историко-геоэкологической периодизации, осуществляемой через событийные процессы. Для выбора междисциплинарных подходов важен характер использования природной среды (тип природопользования), временное исследование природопользовательской стратиграфии на протяжении конкретного хроносреза, размер антропогенного прессинга на ландшафт, получивший расшифровку на примере конкретных ландшафтно-экологических ситуаций. На каждый временной срез в историко-геоэкологической периодизации приходится специфическая система природопользования, которая оказывает фиксированное воздействие на ландшафт. Увеличение масштабов освоения требует новых видов ресурсов. Метод ретроспективного анализа в коэволюции общества и природы — один из возможных путей решения научной проблемы по оценке трансформаций природной среды в прошлом, настоящем и будущем для определения тенденций естественной динамики восстановления ландшафтов в зависимости от степени их антропогенного преобразования за историческое время.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_34

Историческая геоэкология — междисциплинарное направление, совокупность теоретических знаний по основам геоэкологии, природопользования, охраны природы, устойчивого развития и наук об окружающей среде. Развитие этого направления происходило параллельно с теоретической подосновой исторической географии. Синтез теоретических знаний, полученный путем отбора из смежных дисциплин, основывается на единстве пространства — времени, определяющей позицию события на временной оси. В основу перспективы развития науки положена — проблема одномерности времени, представленная линейной последовательностью событий [1;4;5;7].

На рубеже XX–XXI вв. исследователями отмечено, что геоэкология находится на «пороге своего качественного скачка» [5, с. 4] и для создания общей теории геоэкологии важна актуализация проблемы взаимодействия общества с природной средой. В рамках этой проблемы наиболее актуальным становится направление историческая геоэкология. В структуре геоэкологической науки историческая геоэкология рассматривается нами как подсистема знаний со своим объектом и предметом исследования. Объектом исследования исторической геоэкологии служат пространственно-времен-

ные экологические системы (ПВЭС), объединяющие триединство «природа — население — хозяйство», изменяющееся во времени. Предмет исследования — ретроспективное изучение взаимосвязей между технологическими и природными процессами за историческое время.

Историческая геоэкология — изучает взаимодействие природных, населенческих и хозяйственных систем за историческое время, объединяемых в пространственно-временные экологические территориальные системы. По каждому конкретному региону в ретроспективном плане «восстанавливаются» виды природопользования и определяется интенсивность вещественно-энергетических потоков в системе: природа — население — хозяйство. Стремление исследователей провести поэтапную инвентаризацию набора видов природопользования по отдельным временным срезам позволяет оценить сценарии освоения регионов и выявить последствия хозяйственной деятельности. По результатам проведенного ретроспективного анализа предусматривается изучение регламентации ресурсопотребления, моделирование последствий антропогенных воздействий, оптимизация хозяйственной деятельности и управление природопользованием. Это наука, изучающая специфику геоэкологических проблем за историческое время, занимающаяся их инвентаризацией и разработкой проектных решений по ликвидации существующих геоэкологических нарушений природной среды, накопленных в процессе длительной истории взаимодействия человека и ландшафта, а главное оценке состояния геосистем в наши дни. Сценарии природопользования представляют собой совокупность или взаимодействие различных видов, форм и типов природопользования, отличающихся во времени и объединенных принципом региональности, взаимозависимости и системности. На первых этапах освоения виды природопользования были гармонично взаимосвязаны, например, использованием одного вида природного ресурса. Для многих регионов Карелии сценарии прошлого природопользования были сведены к лесохозяйственному сценарию, поэтому тенденции прошлого переносятся на будущее и это обстоятельство дает возможность прогнозировать экологический сценарий рационального природопользования в будущем.

Для осуществления перечисленных целей и задач исследователи применяют научный подход, представляющий собою совокупность методов и способов решения задач, для понимания окружающего нас мира посредством изучения, наблюдения, экспериментирования и анализа. Самым важным для выявления непрерывности процесса освоения ландшафтов прошлого служит метод ретроспективного анализа [2]. Исследование явлений, корректировка, ранее полученных и новых знаний, используется для объяснения наблюдаемых явлений, систематизации, выдвижения гипотез, построения теорий, формулировки выводов. Междисциплинарный подход, используемый в историко-геоэкологических изысканиях, включает целую серию методов, которыми пользуются в естественных, гуманитарных, культурологических исследованиях. Совокупность этих методов включает множество частных методик, способов, имеющих отношение к одному из вышеперечисленных направлений. Приведем пе-

речень методов и подходов с успехом используемых в историко-геоэкологических исследованиях: историко-физико-географический подход, топонимический и ландшафтно-лексикологический, аналитико-синтетический, сравнительно-исторический, метод ретроспективного анализа, метод картографирования, историко-географического среза (временные срезы), диахронический метод, историко-географический подход к районированию и другие. Для выявления различных сценариев природопользования необходимо создать историко-геоэкологическую периодизацию, которая и позволит определить свой набор типов и видов природопользования на каждый временной срез, отразить специфику вовлечения природных ресурсов в хозяйственный оборот. Перечисленные этапы исследования позволят выделить ландшафтно-экологические (историко-геоэкологические) ситуации [3], при помощи которых будут выявлены региональные геоэкологические проблемы, требующие разработки экологического сценария природопользования — управления окружающей средой и ее развитием через ключевую технологию рационального природопользования.

Историко-геоэкологическая периодизация требует применения междисциплинарного подхода и способствует развитию общенаучного кругозора взаимообусловленной системы интеграции знаний о пространственно-временных аспектах процесса освоения территории. Первоочередной задачей при решении этого вопроса служит обоснование цели создания историко-геоэкологической периодизации, выделение временных срезов, объединяющих идентичные типы сценариев природопользования, что сопряжено с временным фактором. Создается научная база как взаимообусловленная система интеграций знаний для последующего отбора и анализа информации, значимой с точки зрения событийности: выстраивание выбранных событий в хронологической последовательности и формирование событийного ряда на линии времени (хронология исторических событий региона). Дифференциация событий по сферам проявления (природа, население, хозяйство), по размерности событий для региона (региональные, топологические, точечные) и по рангу (исходное событие, событие-ядро, значимое, рядовое, событие-символ, единичное, элементарное). Деление временного континуума на дискретные промежутки эпохальными событиями глобального масштаба (макрособытиями), характеризующими качественный переход от одной системы природопользования к другой. Полученные хроносрезы являются историко-геоэкологическими единицами высшего ранга — эпохами. На уровне регионального рассмотрения процесса освоения исследователь пользуется хроносрезами — периодами, этапами и др.

Инвентаризация событийных процессов в историческом прошлом, связанных с природопользованием за временной срез Средневековья и Имперского времени в пределах Прибеломорской историко-геоэкологической провинции (Республика Карелия) была обусловлена ландшафтной дифференциацией процесса освоения. Целесообразно вести разговор об исторических типах природопользования каковым является соляной промысел. По историческим сведениям есть предположение, что начало солеварения приходится на XII век. Расцвет этого вида деятельности отмечается в XVI–

XVII веках, а число варниц только по западному берегу Белого моря в 1783 году насчитывалось числом — 40 [6]. Прекращение добычи соли относится к середине XIX века. Для подсчета площади сведенных лесов за столь значительный период времени можно исходить из архивных сведений: для выварки 200 пудов соли требовалось около 15 куб. сажень дров [6;8]. Учитывая, что сезон выварки соли длился менее полугода, только в холодный период времени, а заготовка дров для солеварения могла продолжаться и в течение всего теплого периода года, объемы заготовки дров были масштабными. В некоторых (низинных и скальных) частях ландшафтов лес не восстанавливался, то есть ландшафт утрачивал способность к воспроизводству древесных видов растительности и шел процесс заболачивания.

Наряду с соляным промыслом, начиная с XIV века появляется углежогный промысел, производство древесного угля для выплавки металла в частных доменных печах. Процесс выявления углежогных ям в Карелии начался немногим более 20 лет назад, в связи с необходимостью проведения археологических изысканий для проектирования прокладки путепроводов. Для составления картосхем с местоположением углежогных ям (ареалов их распространения) потребуется много времени, поэтому посчитать вырубленные леса за время существования промысла — дело будущего. Пока только археологи занимаются датировками вновь выявленных объектов и по предварительным данным увеличение масштабов этого вида промыслов приходится на XVII–XVIII века.

Значительное количество древесины шло для строительства кораблей, в связи с развитием судостроения в Прибеломорье, как нового вида деятельности. Практически параллельно увеличиваются объемы заготовки древесины, создаются как государственные, так и частные лесопильные заводы, продукция которых вывозилась за пределы Российского государства. Объемы лесозаготовок отличались по масштабам использования древесины от солеварения и углежогного промысла. Таким образом, в природопользовании Карельского Средневековья совершенно очевидно обозначился лесохозяйственный сценарий освоения. Подобные примеры можно привести и по другим регионам Карелии, например, в Южной Карелии с созданием металлургической базы — Петровских железоделательных заводов, так же вырубались значительные площади лесов для производства древесного угля.

Прослеженные сценарии природопользования в пределах Прибеломорской историко-геоэкологической провинции и западного Обонежья позволяют сделать вывод о размерах антропогенной нагрузки на лесные ресурсы региона исследования за историческое время и констатировать формирование ландшафтно-экологических ситуаций [3] с различными сценариями природопользования. Для выявления непрерывности процесса освоения важно установить имелись ли периоды «отдыха и восстановления» в ландшафте на протяжении хронологического среза. Изменения, происходящие в природных комплексах, зависят от давности, длительности и интенсивности освоения [2]. Длительность и давность процесса освоения оценивается в рамках периодизации.

Информационная база данных для проведения историко-геоэкологического исследования представлена совокупностью палеогеографических, археологических и социокультурных сведений, необходимых для проведения историко-географического цикла работ по региону. Результатом анализа базы данных является историко-геоэкологическая периодизация, синтеза — историко-геоэкологическое районирование и итогом прикладного значения — историко-геоэкологическая оценка ландшафтов и их компонентов.

Категория времени в исторической геоэкологии связана с модификацией и трансформацией геосистем за историческое время. На сегодняшний день слабо разработано направление о роли категории времени в оценке параметров давности, длительности и интенсивности освоения, а также изменчивости этих параметров во времени. Время — служит основой для историко-геоэкологической периодизации и последующего проведения изысканий по поводу зависимости масштабов антропогенной деятельности от различных сценариев природопользования и формирования историко-ландшафтных или историко-геоэкологических ситуаций. Последние представляют собой основу для историко-геоэкологического районирования.

Ретроспективный анализ природопользования любого региона с условием использования историко-географической информации позволяет установить места расположения неблагоприятных историко-геоэкологических ситуаций на различных временных срезах. Отсутствие учета роли историко-географического фактора в динамике и трансформации ландшафтов в результате их хозяйственного использования влечет за собой не объективность геоэкологической оценки.

Литература

1. Вампилова Л. Б. Категория времени в исследовании геоэкологического состояния геосистем // Региональные геосистемы. 2022. Т. 46, № 2. С. 254–266. DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-2-254-266
2. Вампилова Л. Б., Сикан А. В. Изменение породного состава лесов Карелии: историко-геоэкологический подход // Региональные геосистемы. 2023. Т. 47, № 1. С. 126–144. DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-126-144
3. Жекулин В. С. Историческая география и геоэкология: грани сотрудничества // География и современность. Л. : изд-во ЛГУ, 1988. Вып. 4. С. 9–22.
4. Зубаков В. А. Историческая геоэкология: предмет, задачи, первые выводы // Геоэкология: глобальные проблемы. Л., 1990. С. 69–78.
5. Жиров А. И. Теоретические основы геоэкологии : Монография. СПб. : Издательство, 2001. 377 с.
6. Кликачева А. А. Производство соли на территории Олонецкого наместничества в конце XVIII века и его влияние на окружающую среду // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. 2016. № 6 (45). С. 8–21.
7. Розанов Л. Л. Историческая геоэкология // Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Естественные науки». 2016. № 4. С. 96–105.

8. Tikkanen O.-P., Chernyakova I. Past human population history affects current forest landscape structure of Vodlozero National Park, Northwest Russia // *Silva Fennica*. 2014. Vol. 48, № 4. P. 1–16.

L. B. Vampilova
INTERDISCIPLINARY APPROACHES
IN HISTORICAL-GEOECOLOGICAL RESEARCH OF VARIOUS
NATURE MANAGEMENT SCENARIOS

Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg
histgeolbv67@gmail.com

Research tasks of historical geoecology include the analysis of scientific research on the application of the category of time and taking into account the role of chronological research in the "landscape—ethnos—nature management" system. Understanding (unraveling) and subsequent comprehension of the change in nature management scenarios is established through the creation of historical-geoecological periodization, carried out through event processes. The nature of the use of the natural environment (the type of nature management), the time study of nature management stratigraphy over a specific chronological section, the size of anthropogenic pressure on the landscape, deciphered using specific landscape-ecological situations as an example, are important for the selection of interdisciplinary approaches. Each time section in the historical-geoecological periodization has a specific system of nature management, which has a fixed impact on the landscape. Increasing the scale of development requires new types of resources. The method of retrospective analysis in the co-evolution of society and nature is one of the possible ways to solve the scientific problem of assessing the transformations of the natural environment in the past, present and future to determine the trends in the natural dynamics of landscape restoration depending on the degree of their anthropogenic transformation over historical time.

С. М. Козлов¹, Т. М. Красовская²

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ГЕОПОЛИТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ СОЦИОПРИРОДНОЙ СИСТЕМЫ ВОРКУТИНСКОГО МО

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

¹kozlov_sm@bk.ru, ²krasovsktex@yandex.ru

Воркутинский муниципальный округ является одной из опорных зон развития Арктической зоны Российской Федерации, определённой Стратегией её развития¹. В 2023 г. Воркутинский МО также был включён в перечень 16 опорных населённых пунктов Российской Арктики, в который вошли стратегически важные территории, их государственная поддержка будет осуществляться на системной основе². Кроме угольного центра страны, у Воркуты появляются и другие значимые роли в освоении Арктической зоны Российской Федерации: логистическая и транспортная, имеющие особое значение в современной геополитической обстановке. Перспективы для развития открывает и быстро идущее потепление климата: среднегодовые температуры выросли с -6°C до -3°C с середины XX в. по настоящее время, а темпы роста температуры особенно увеличились в начале XXI в. В таких условиях развитие социоприродной системы Воркуты, формируемой тремя взаимосвязанными потоками вещества и энергии блоками «Природа — Население — Хозяйство» будет претерпевать изменения, обуславливающие её адаптационное развитие. Целью настоящего исследования является анализ влияния климатических и геополитических факторов на развитие системы.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_35

Территория и методы исследования. Воркутинский муниципальный округ (далее — Воркутинский МО, МО), занимает площадь 24,2 тыс. км² и расположен на крайнем северо-востоке Республики Коми, в Большеземельской тундре, в пределах тектонической впадины Русской платформы, на полого-холмистой ледниково-аккумулятивной равнине, занятой южной тундрой, в зоне многолетней мерзлоты. Такое расположение и особенности геологического развития территории обусловили с одной стороны — наличие полезных ископаемых (прежде всего, значительны запасы угля), а с другой — различные сложности в освоении территории. Климат территории субарктический умеренно-континентальный, фиксируется повышение среднегодовых температур воздуха в настоящее время. Численность населения МО на 1 января 2024 г.: 67 547 чел., при этом непосредственно в г. Воркута проживает порядка 83% населения МО. Градообразующим предприятием является АО «Воркутауголь», которое осу-

¹ О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года [Электронный ресурс] : Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 г. №645. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (дата обращения: 19.11.2024).

² Об утверждении перечня опорных населённых пунктов (муниципальных образований) Арктической зоны РФ, в том числе выполняющих функции по обеспечению национальной безопасности и (или) функции базы для развития минерально-сырьевых центров, реализации экономических и (или) инфраструктурных проектов в Арктике [Электронный ресурс] : Распоряжение Правительства РФ от 28 ноября 2023 г. №3377-р. URL: <http://government.ru/docs/50301/> (дата обращения: 19.11.2024).

ществляет добычу коксующегося угля. Добыча угля даёт 80% муниципального продукта. Территорию МО с остальной частью России связывает железнодорожная ветка, автозимник, а также реконструированный в 2024 г. аэродром.

Основным методом исследования явился системный анализ, а его материалами послужили тематические научные публикации и информация, размещённая на официальных сайтах Республики Коми, Воркутинского МО, Росстата по Республике Коми, Росгидромета и др. Использовались данные экспедиционных исследований авторов в регионе.

Результаты и обсуждение. В рамках исследования развития социоприродной системы необходимо учитывая процессы, происходящие в трех её блоках: «Природа», «Население», «Хозяйство». В настоящей работе раскрываются лишь некоторые из них: климатические (изменения среднегодовых температур и осадков), характеризующие развитие блока «Природа», а также геополитические, которые оказывают влияние на процессы развития блока «Хозяйство». Взаимосвязь процессов, происходящих в каждом из блоков, можно проиллюстрировать следующими фактами. Развитие блока «Хозяйство» стимулируется бюджетным финансированием ключевых хозяйственных проектов, важных для экономики страны. В свою очередь это стимулирует развитие блока «Население» за счёт увеличения деловой активности и, как правило, увеличением количества рабочих мест, оплаты труда. В то же время в блоке «Природа» происходят процессы, трансформирующие природные системы за счёт увеличения антропогенной нагрузки. Процессы взаимодействия блоков социоприродной системы определяет её геополитические характеристики: ресурсный, инфраструктурный потенциал и человеческий капитал. Примеры взаимосвязей блоков социоприродной системы можно представить в виде схемы (рис. 1).

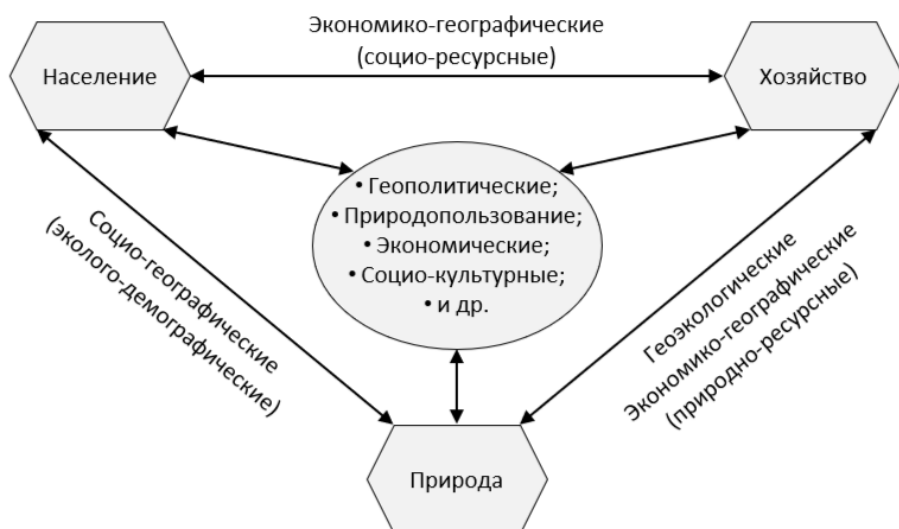


Рис. 1. Ориентированный знаковый граф территориальных функций социоприродной системы

Разработка механизмов управления развитием социоприродной системы Воркутинского МО, на основе анализа наиболее значимых характеристик было рассмотрено авторами ранее [3]. Эти характеристики можно представить в виде 3-х групп, которые могут быть расширены по мере увеличения количества доступной информации (рис. 2). Дадим характеристику наиболее динамичным из них, связанным с изменением климата.



Рис. 2. Основные характеристики, необходимые для разработки механизмов управления социоприродной системой Воркутинского МО

Климатические факторы. Климатические факторы оказывают прямое влияние на процессы блока «Природа», а также косвенно влияют на два других блока. Влияние на блок «Население» оказывается преимущественно в виде повышения среднегодовых температур воздуха, сопровождаемого, однако, их резкими суточными колебаниями, учащением штормовых ветров и т. п. Под воздействием меняющихся климатических условий происходит развитие зелёной инфраструктуры урбанизированных территорий, обеспечивающих благоприятные условия для отдыха населения и способствующих очищению воздуха от аэротехногенных загрязнителей. На блок «Хозяйство» климатические факторы оказывают неоднозначное влияние: сокращают отопительный сезон, снижая затраты на отопление, благоприятствуют развитию кормопроизводства и т. д., но одновременно стимулируют растепление многолетнемерзлых пород, вызывая деформации зданий и сооружений.

Для анализа климатических изменений в работе используются фактические данные по двум метеостанциям, расположенным в Воркутинском МО, а именно в г. Воркута (станция при аэропорте, синоптический индекс №23226) и пгт. Елецкое (в 50 км к югу от г. Воркута, синоптический индекс №23220), которые расположены на равнинной территории МО и отражают его средние показатели.

Температуры. Ранее в работе авторов было определено, что динамика температур по годовым и 5-летним периодам между метеостанциями согласуется (корреляция значений между метеостанциями 0,91), среднегодовая температура в Воркутинском МО растёт с середины XX вв., с устойчивым трендом [3]. Полученные результаты свидетельствуют, что динамика изменения (потепления) климата в равнинной части

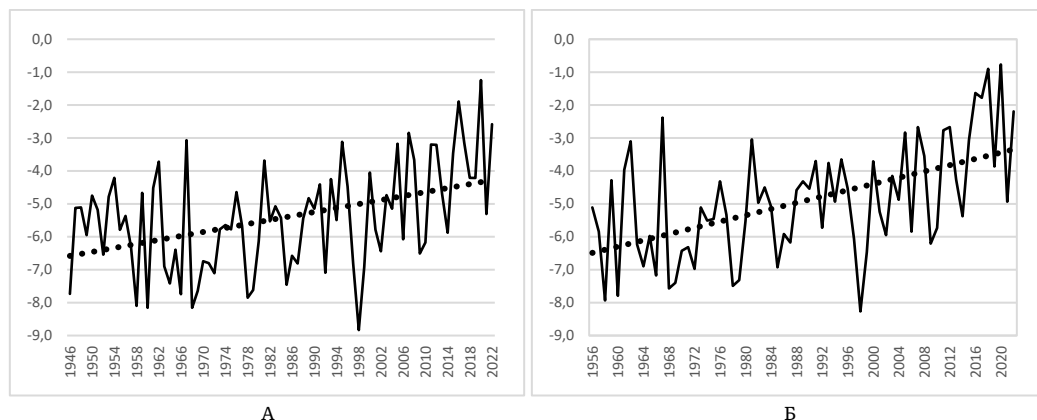


Рис. 3. Среднегодовая температура, °С: А — г. Воркута, 1946–2022 гг.; Б — пгт. Елецкое, 1956–2022 гг.
(составлено авторами по данным ВНИИГМИ-МЦД для метеостанции № 23226³,
интернет-портала АИСОРИ для метеостанции № 23220⁴)

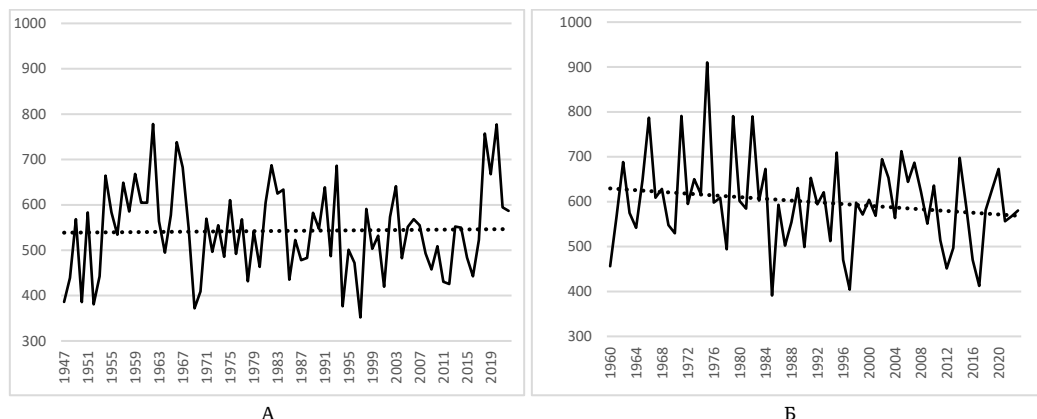


Рис. 4. Годовое количество осадков, мм: А — г. Воркута, 1947–2022 гг.; Б — пгт. Елецкое, 1960–2023 гг.
(составлено авторами по данным ВНИИГМИ-МЦД для метеостанции № 23226³,
интернет-портала АИСОРИ для метеостанции № 23220⁴)

Воркутинского МО является однонаправленной и с близкими темпами. При этом, можно говорить о росте среднегодовой температуры от -6°C до -3°C в течение примерно 70 лет (рис. 3).

Осадки. В работе также было проанализировано годовое количество осадков, выпадающих на метеостанциях. В среднем по территории России количество осадков увеличивается в период 1976–2020 гг. [4]. Однако для территории Воркутинского МО данный тренд практически не выражен (рис. 4). Представленные данные по осадкам

³ Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных [Электронный ресурс]. URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 05.11.2024).

⁴ Интернет-портал со специализированными массивами для климатических исследований (АИСОРИ) [Электронный ресурс]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/> (дата обращения: 05.11.2024).

подтверждают существенно большую фрагментарность изменений, нежели температурные. В рамках анализа изменения климата и его влияния на процессы в социо-природной системе отметим, что экстремальность осадков может быть существенной и разной даже в рамках небольшого муниципального образования.

Таким образом, нами были рассмотрены два основных климатических показателя — среднегодовые температуры и годовое количество осадков. В отношении среднегодовых температур фиксируется однозначное повышение для территории муниципального образования. Годовое количество осадков даже в рамках Воркутинского МО меняется по-разному: в г. Воркута практически неизменно, а в пгт. Елецкое — снижается. Прогнозируемое изменение климата продолжит оказывать влияние на различные факторы, которые определяют особенности развития социоприродной системы Воркутинского МО, в результате следующих разнообразных процессов:

- растепление многолетнемерзлых пород;
- разрушение несущих конструкций зданий;
- более частое возникновение неблагоприятных и опасных метеорологических явлений;
- интенсификация биогеохимического круговорота, способствующего ускорению нейтрализации поллютантов;
- снижение расходов на отопление;
- повышения продуктивности выращиваемых сельскохозяйственных культур;
- усложнение добычи ресурсов вследствие изменения погодных условий и возникновения неблагоприятных и опасных метеорологических явлений и др.

Все это повышает значимость разработки адаптационных мероприятий по регулированию развития социально-экономических блоков системы.

Геополитические факторы. Геополитические факторы непосредственно будут проявляться на развитии блока «Хозяйство» социоприродной системы, а также опосредовано и на блоке «Население». С ними связан экспортный потенциал угольной промышленности, продукции других отраслей, востребованных на мировом рынке, развитие как внутренней транспортной инфраструктуры, так и Северного морского пути, обеспечивающей развитие экономики страны особенно в условиях санкционных ограничений

В принятой в 2020 г. Федеральной программе развития российской угольной промышленности до 2035 года⁵ Воркута не упоминается. Тем не менее, развитие Печорского угольного бассейна заявлено в Стратегии развития Арктической зоны России. Предпосылки для этого существуют, благодаря вновь открытым месторождениям и совершенствованию технологии добычи. Одним из таких резервов является Сейдин-

⁵ Об утверждении Программы развития угольной промышленности России на период до 2035 года [Электронный ресурс] : Распоряжение Правительства РФ от 13.06.2020 г. №1582-п. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565123539> (дата обращения: 25.10.2024).

ское месторождение энергетических углей. Несмотря на снижение спроса на энергетические марки угля в России, мировой спрос на них остаётся достаточно высоким, в 2023 г. он вырос на 2,6%. В ценах на российский уголь есть «геополитическая премия» (скидки) после начала СВО⁶. Востребованность коксующихся углей будет возрастать с увеличением производства стали [1]. В планах АО «Воркутауголь» на ближайшие годы сохранение добычи, что обеспечено поставкам на предприятия ПАО «Северсталь». Среди возможностей для развития — организация комплексов глубокой переработки угля. Таким образом, добыча угля в Воркутинском МО имеет возможности для сохранения и развития, несмотря на геополитические изменения.

Другой возможностью для развития промышленности является создание газохимического предприятия. На полях ВЭФ 5 сентября 2024 г. было подписано соглашение о создании Воркутинского химического комплекса, запуск которого запланирован на 2031 г., а стоимость составляет 200 млрд. руб. В проекте намерены принять участие группа компаний "Азот", корпорации АЕОН и ВЭБ.РФ, производство позволит создать до 2 тыс. рабочих мест. После выхода комплекса на полную мощность производство аммиака составит 1,2 млн т. в год, карбамида — 1,7 млн т. в год⁷.

Влияние геополитического фактора на экономическое развитие территории явно проявляется в перспективах развития её транспортной инфраструктуры, где Воркута является одним из ключевых центров Арктической зоны России и выступает как важный, стратегически выгодный, опорный транспортно-логистический узел, обеспечивающий её социально-экономическое развитие. На территории Воркутинской МО находятся следующие транспортные объекты:

- газопровод «Бованенково — Ухта» от Ямальских месторождений (Бованенковского, в перспективе Харасавейского месторождений), что создало предпосылки для осуществления проекта строительства Воркутинского газохимического комплекса;
- железнодорожные магистрали «Коноша — Воркута», «Воркута — Лабытнанги», связывающие Север ЕТР и Западной Сибири, а также участок «Чум — Обская», используемый для магистрали «Обская — Бованенково — Карская». Железные дороги делают Воркуту важным логистическим центром [2];
- автозимник «Инта — Воркута», который является технической дорогой, построенной для обслуживания газопровода, но используемый местным населением по специальным разрешениям;
- два аэропорта (гражданский «Воркута», военный аэродром «Советский»), которые являются стратегическими объектами для Российской Арктики.

Логистическая роль ещё больше возрастает в связи с перспективными транспортными объектами.

⁶ Дудченко Н. Рынок угля в 2024 году. Взгляд МЭА [Электронный ресурс] // Аналитика: обзор рынка и прогнозы. URL: <https://www.finam.ru/publications/item/rynok-uglya-v-2024-godu-vzglyad-mea-20240725-1857> (дата обращения: 26.10.2024).

⁷ В Воркуте в 2031 году намерены запустить газохимический комплекс [Электронный ресурс] // ТАСС. URL: <https://tass.ru/ekonomika/21851407> (дата обращения: 12.09.2024).

- Строительство запланированной ещё в 2021 г. железной дороги до порта Усть-Кара на Карском море (Карскамур) длиной в 200 км, которая может обеспечить транспортировку грузов Северного морского пути, сделав её в 2–3 раза дешевле ныне существующей. При этом роль Северного морского пути в условиях многочисленных санкций, направленных на ослабление России, существенно возросла. Также, данная дорога необходима и для экспорта продукции Воркутинского газохимического комплекса в связи с чем, на полях ВЭФ обсуждалось строительство «Карсكومур» от Воркуты до поселка Усть-Кара с одновременным возведением порта. Основатель корпорации АЕОН Роман Троценко заявил, что готов инвестировать в строительство 200 км железной дороги от Воркуты до Усть-Кары и в возведение порта в Усть-Каре, что оценивается в 40 млрд и 50–60 млрд рублей соответственно.⁸

- В рамках развития Северного широтного хода (СШХ) потенциально возможна реализация проектов «Белкомур» и «Баренцкомур», что существенно упростит логистику в рамках СШХ и ускорит его окупаемость.

Заключение. Социоприродная система Воркутинского МО находится в стадии реструктуризации, идущей разными темпами в её блоках. Очень важно понимать изменения в блоках системы, с целью принятия своевременных управленческих решений для адаптационного развития. Отметим, что:

- блок «Природа», ведущим в котором выступает климатический фактор, демонстрирует высокую динамичность, которая будет только нарастать;
- экономический блок является относительно регулируемым, однако, его влияние на развитие социоприродной системы пока ограничено;
- блок населения находится в стадии стагнации.

Сохраняется геополитическая напряжённость в Арктическом регионе, что усиливает геополитическое значение территории и позволяет рассматривать его как приоритетное для развития, в связи с чем можно ожидать дополнительные экономические преференции для МО. Успешная реализация программ устойчивого развития территории, разработанных в 2024 г. и долгосрочной Стратегии планирования развития Арктики России возможно при учёте кумулятивного эффекта процессов, протекающих в блоках социоприродной системы. Адаптационное развитие территории требует разработки механизмов соотнесения векторов их развития в первую очередь в соответствии с современной геополитической обстановкой и климатическими изменениями.

Литература

1. Агафонов И. А., Чечина О. С., Васильчиков А. В., Овчинников Д. Е. Перспективы угля в топливно-энергетическом комплексе России и мира // Московский экономический журнал. 2022. №2. С. 366–382. DOI 10.55186/2413046X_2022_7_2_99

⁸ В Воркуте в 2031 году намерены запустить газохимический комплекс [Электронный ресурс] // ТАСС. URL: <https://tass.ru/ekonomika/21851407> (дата обращения: 12.09.2024).

2. Киселенко А. Н., Малащук П. А. Воркутинский транспортный узел: роль в освоении Арктики // Мир транспорта. 2019. 17(1). С. 142–153. DOI 10.30932/1992-3252-2019-17-1-142-153

3. Козлов С. М., Красовская Т. М. Современные факторы развития Воркутинского муниципального округа // Мировые цивилизации. 2024. Т. 9, № 1. С. 1–12. URL: <https://wcj.world/PDF/04ECMZ124.pdf>

4. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации : Общее резюме / Росгидромет. Санкт-Петербург : Наукоемкие технологии, 2022. 124 с.

S. M. Kozlov¹, T. M. Krasovskaya²

THE INFLUENCE OF CLIMATIC AND GEOPOLITICAL FACTORS ON THE DEVELOPMENT OF THE SOCIO-NATURAL SYSTEM OF VORKUTA MUNICIPAL DISTRICT

Lomonosov Moscow State University

¹kozlov_sm@bk.ru, ²krasovsktex@yandex.ru

Vorkuta Municipal District (MD) is one of the mainstay developments zones of the Arctic zone of the Russian Federation, defined by its Development Strategy⁹. In 2023, the Vorkuta MD was also included in the list of 16 stronghold settlements of the Russian Arctic, which included strategically important territories, the state support of which will be carried out on a systematic basis¹⁰. In addition to the former coal capital of the country, Vorkuta has other significant roles in the development of the Arctic zone of the Russian Federation: logistics and transport, which are of particular importance in the modern geopolitical situation. The rapid warming of the climate also opens up prospects for development: average annual temperatures have increased from –6°C to –3 °C from the middle of the twentieth century to the present, and the rate of temperature increase has increased especially in the early twenty-first century. In such conditions, the development of Vorkuta's socio-natural system, formed by three interconnected flows of matter and energy in the "Nature—Population—Economy" blocks, will undergo changes that determine its adaptive development. **The purpose of this article** is to analyze the influence of climatic and geopolitical factors on the development of the system.

⁹ On the Strategy for the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation and ensuring National Security for the period up to 2035 : Decree of the President of the Russian Federation dated October 26, 2020, No. 645. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (date of access: 11/19/2024).

¹⁰ On approval of the list of reference settlements (Municipalities) of the Arctic zone of the Russian Federation, including those performing functions to ensure national security and (or) the functions of a base for the development of mineral resource centers, the implementation of economic and (or) infrastructure projects in the Arctic : Decree of the Government of the Russian Federation dated November 28, 2023, No. 3377-r. URL: <http://government.ru/docs/50301> (date of access: 11/19/2024).

Е. Б. Спивакова, О. А. Илларионова, О. А. Климанова
РАЗНООБРАЗИЕ ЭКОСИСТЕМ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРКОВ РОССИИ
И ИХ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ
К АНТРОПОГЕННЫМ НАГРУЗКАМ

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова
ekspivakova@mail.ru

В работе проведена оценка устойчивости экосистем национальных парков России к антропогенным нагрузкам, что имеет ключевое значение для устойчивого развития экологического туризма и сохранения природных комплексов. Рассматривается разнообразие экосистем, их продуктивность и способность к самовосстановлению. Исследование основано на данных карты наземных экосистем Северной Евразии и данных об экосистемных продукциях. Кроме того, в работе приведена классификация национальных парков по группам устойчивости их экосистем.

DOI: 10.15356/geoeco_2024_1_36

Постановка проблемы. В 2018–2024 гг. в России в рамках национального проекта «Экология» осуществлялся федеральный проект «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма». Он был направлен на создание условий устойчивого развития особо охраняемых природных территорий и экологического туризма и предполагал увеличение количества и площади ООПТ на территории России, а также увеличение числа посетителей особо охраняемых территорий страны к 2024 г. до 12 млн человек¹. Эти показатели были достигнуты, но сама эта цифра вызывает закономерный вопрос — сколько посетителей могут принять особо охраняемые территории страны, в частности, национальные парки — без ущерба реализации природоохранных функций? Ответ на него зависит от множества факторов — законодательных, инфраструктурных, географических, природно-экологических и т. д. В данном материале рассматривается один из них — разнообразие экосистем национальных парков и предлагаются методические подходы к учету этого разнообразия при оценке устойчивости парков к антропогенным, в частности, рекреационным нагрузкам на страновом уровне.

Важность изучения экосистемного разнообразия в национальных парках, в том числе в контексте планирования туристско-рекреационной деятельности, не подвергается сомнению. Экосистемное разнообразие обуславливает присутствие уникальных видов и ландшафтов, которые могут стать аттрактором для туристов. Чем больше разнообразие экосистем, тем шире спектр природных достопримечательностей — водопадов, озер, рек, гор, каньонов, пещер и других объектов. Это повышает привлекательность национального парка для разных категорий туристов. Кроме того, высокое биологическое разнообразие, характерное для парков с множеством экосистем, также является притягательным фактором для любителей природы и

¹ Паспорт национального проекта «Экология».

бердвотчеров. Понимание разнообразия экосистем на территории национального парка позволяет сбалансировать экологические и экономические интересы при планировании и создании туристической инфраструктуры, кроме того, это является важным и для функционального зонирования территории национального парка и определения зон рекреационного назначения в местах с наименее уязвимыми экосистемами. В настоящее время в составе документации, являющейся основой деятельности национальных парков, наиболее информативными в контексте инвентаризации экосистем являются материалы лесоустройства, содержащие, в случае их векторного формата, сведения о типах лесов, их состоянии, необходимых лесохозяйственных мероприятий, иными словами, очень важный массив информации, который может использован и для инвентаризации экосистем. В рамках работ по составлению планов рекреационной деятельности национальные парки готовят и картографическую часть плана, которая выполняется с использованием материалов Единой государственной картографической основы — она, в свою очередь, содержит и материалы топографических карт, которые могут быть использованы, в т. ч. и для выделения базовых местоположений. Все вместе это создает хорошую основу для дальнейшего проведения инвентаризации экосистем и оценки их разнообразия для территорий конкретных ООПТ. Эта, работа, в свою очередь, может быть положена в основу оценки экосистемных услуг ООПТ.

Для работ же на национальном уровне подобное исследование предварительно может быть проведено с использованием геопространственных данных, характеризующих тип и состояние наземного покрова.

Материалы и методы. В исследовании были рассмотрены территории 69 национальных парков (НП) страны (по состоянию на 1 июня 2023 г.). Они распределены по всей территории страны и охватывают различные природные и географические регионы: от арктических пустынь Крайнего Севера до влажных субтропических лесов Южного Кавказа. Наибольшее число НП сосредоточено в регионах Севера и Дальнего Востока России. Лидерство по числу НП принадлежит Карелии (5 НП), Архангельской области (4) и Приморскому краю (4). Самый большой национальный парк — Русская Арктика (рис. 1) расположен на двух полярных архипелагах в Архангельской области: Новая Земля и Земля Франца-Иосифа и занимает 14,9% площади субъекта. Самый маленький НП России — Кисловодский (рис. 1), имеет площадь всего 966 га и расположен в Ставропольском крае.

Для оценки разнообразия экосистем в нашем исследовании в качестве картографической основы использовались карты растительности России пространственного разрешения 250 м [2]. Для расчета разнообразия экосистем, представленных на территории национальных парков России, были учтены 20 типов растительности: леса (темнохвойные, светлохвойные, лиственные, смешанные леса с преобладанием хвойных, либо широколиственных пород, смешанные, лиственничные), травяно-кустарничковая растительность (степи, редколесья, луга, хвойные вечнозеленые кустарники), тундра (кустарничковая, кустарниковая и травянистая), водно-болотные комплексы (торфяные болота, водные пространства), непокрытые растительностью

земли (вечные снега и льды, открытые грунты и выходы горных пород) и морские акватории. Очевидно, что выделенные типы не являются экосистемами в строгом научном смысле, однако на данном этапе исследований для апробации методики мы сочли возможным рассматривать их как генерализованные типы лесных, травянистых, тундровых и др. экосистем, поскольку более детальных цифровых карт, охватывающих всю территорию России, в настоящее время в открытом доступе нет.

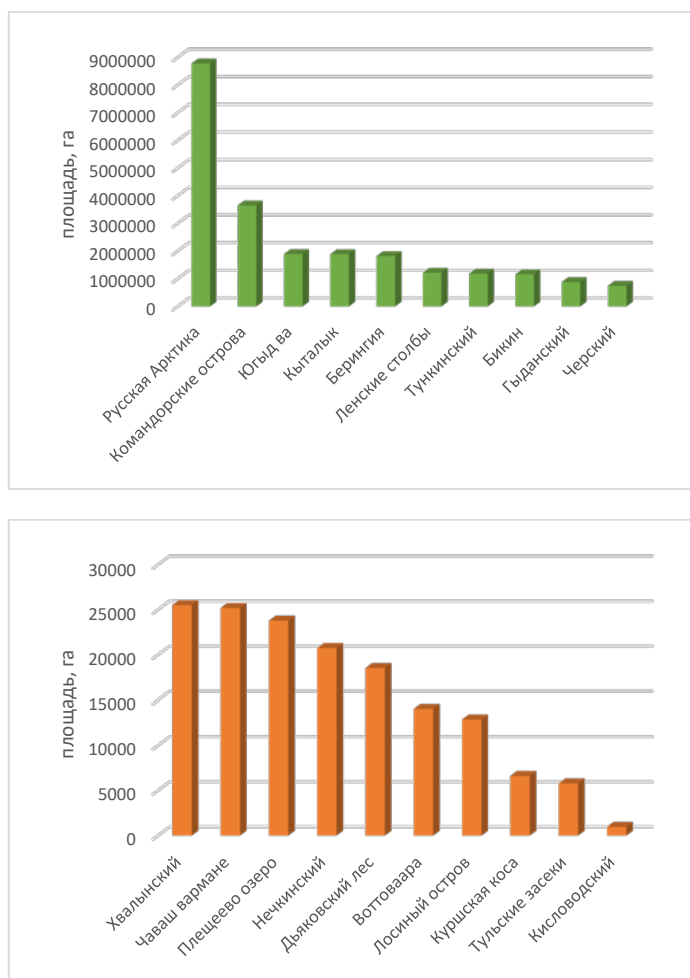


Рис. 1. Крупнейшие по площади (более 700 тыс. га) и самые маленькие по площади (менее 25 тыс. га) НП России

Результаты. В национальных парках представлены все из рассмотренных в исследовании типов экосистем. В 32 из 69 рассмотренных НП представлено по 10 и более обобщенных типов экосистем. Рекордсменами по разнообразию экосистем, представленных в пределах одного парка, являются парки Забайкальский и Югыдва (по 16), Тункинский и Шуменский бор (по 15), Алания, Кодар, Хибины и Чикой (по 14). Наименьшее

разнообразие экосистем отмечено в НП Кисловодский, Русская Арктика и Тульские засеки. Последнее в случае первого и третьего парка связано с их небольшим размером и разрешением исходного картографического материала, который в их случае повлиял на результаты расчетов. В случае с Русской Арктикой результат можно объяснить его географическим положением.

По равномерности спектров экосистем (т. е. доле площади НП, приходящейся на один тип экосистем) ситуация складывается очень разная. В парках, отличающихся высоким разнообразием типов, какой-то один все равно является лидером по площади. Так, в самых разнообразных — в Забайкальском НП и НП «Югыдва» — на темных хвойных лесах приходится соответственно 21,3 и 35,4% площади, доля остальных колеблется от 0,1 до 11,6%. В наименее разнообразных парках обычно явно преобладает какой-то один тип экосистем — в Кисловодском — горные луга (71%), в Русской Арктике — морская акватория (73%), в Тульских засеках — широколиственные леса (64,1%).

Среди рассматриваемых типов экосистем также есть различия по частоте встречаемости. Учитывая наличие на территории многих парков территорий с высотной поясностью, наиболее часто встречающимся типом в пределах всего массива национальных парков стали скалы и выходы горных пород — они отмечены в 65 из 69 парков. Наиболее высокая их доля в Самурском НП — 39,8% и НП Куршская коса (33%). Второй по встречаемости тип — широколиственные леса — в 58 из 69 парков. В этом случае процент концентрации типа в пределах одного нацпарка выше — в Сочинском НП такие леса занимают 88,9% территории, в НП Земля Леопарда — 73,8%. Среди лесных типов реже всего — только в 18 парках — встречаются лиственные и редкостойные лиственные леса. Доля первых существенна в НП Ленские столбы, Токинско-Становой, Алханай, Бикин, Кодар. Вторых — в Тункинском, Черском, Алханае, Токинско-Становом и Чикое.

Кроме того, для каждого из парков были получены данные их пространственной структуры экосистем, которые, при наличии векторного лесоустройства, могут быть сопоставлены и верифицированы с целью уточнения и составления базы данных экосистем всех национальных парков страны с введением единой генерализованной карты типов.

Однако инвентаризация типов экосистем позволяет подойти также к задаче оценки устойчивости экосистем тех или парков к рекреационной нагрузке и, затем, к разработке оценки рекреационной емкости территорий на ландшафтно-экологической основе. В настоящий момент к оценке устойчивости экосистем разработаны разные подходы. Так, предлагается реализовать ее путем количественной оценки трех составляющих теоретической модели — экстенсивной, интенсивной и структурно-информационной, которыми для природных систем являются, соответственно, показатели запасов живой фито- и зоомассы, мертвого органического вещества, продуктивности растительного покрова, а также биоразнообразия [3]. А. И. Уткин определил биологическую продуктивность [4] как образование биомассы организмами, выражаемое потоками органического вещества и его потенциальной химической энергии на

единицу площади за единицу времени. Продуктивность всех популяций организмов на единицу площади характеризует биологическую продуктивность биогеоценозов и экосистем. Количественно продуктивность оценивают по ее результату — главным образом по годичной биологической продукции сухого органического вещества (в т/га/год). Биологическая продуктивность — фундаментальное свойство биосферы, означающее способность живого вещества воспроизводить биомассу и образовывать тем самым биотический покров [1].

Высказывается предположение о тесной взаимосвязи между биологической продуктивностью экосистем и их устойчивостью к антропогенным нагрузкам. Чем выше продуктивность экосистемы, тем больше энергии и ресурсов она может предоставить для поддержания жизни и разнообразия видов, что способствует ее устойчивости. Высокая продуктивность обеспечивает экосистеме большую способность к самовосстановлению после возможных воздействий или стрессовых ситуаций, в том числе антропогенного характера. Таким образом, на уровне сравнения между собой отдельных территорий можно предположить, что национальные парки, где более высокую площадь занимают наиболее продуктивные экосистемы, более устойчивы к рекреационной нагрузке, чем те, где большая часть территории занята экосистемами, характеризующимися меньшими показателями продуктивности.

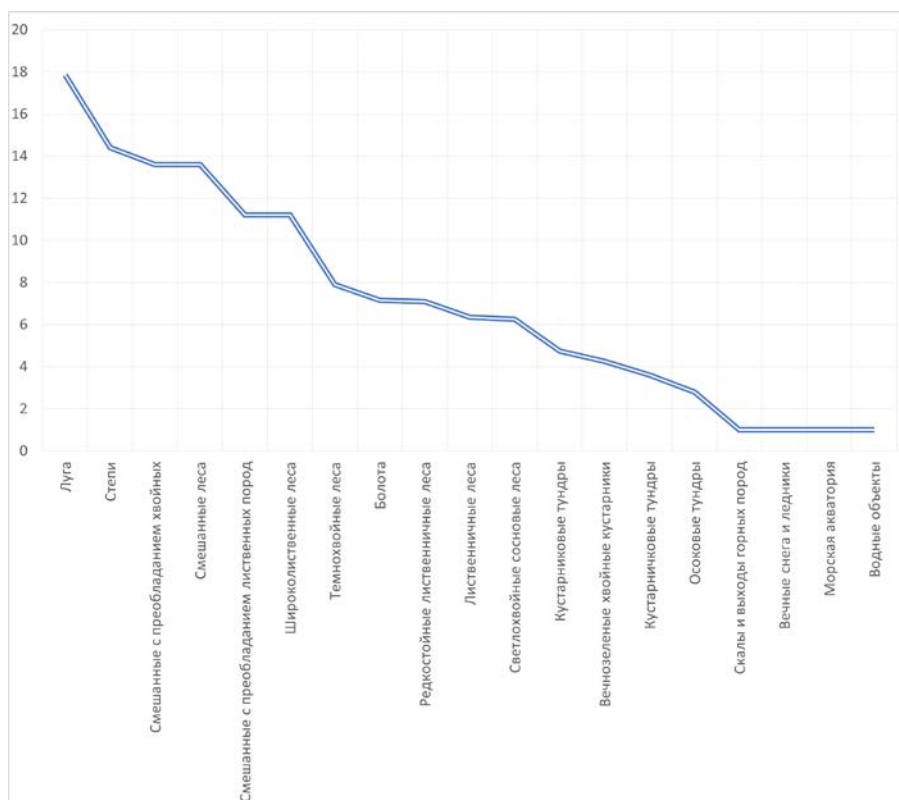


Рис. 2. Наземная продукция генерализованных типов экосистем, т/га/год

На основе полевых данных по первичной продуктивности экосистем Северной Евразии в пределах территории бывшего СССР, собранных и обобщенных Н. И. Базилиевич и базы данных «Продуктивность экосистем Северной Евразии», опубликованной на геоинформационном портале biodat², можно провести ранжирование экосистем, рассмотренных в исследовании по этому показателю (рис. 2). Отметим, что учитывая принцип предосторожности при любом антропогенном воздействии на природные системы, продукции которых не было в базе, их продукция для составления графика была принята за 1 т/га/год. Можно предположить, что наименее устойчивыми к антропогенным нагрузкам оказываются экосистемы с продукцией ниже 7,1 т/га/год. Этот показатель характеризует условную точку перегиба на графике.

Очевидно, что могут быть предложены и другие показатели, но в данном исследовании акцент намеренно делался на сравнение всего массива национальных парков, поэтому были приняты подобные допущения. К наименее устойчивым относятся, в первую очередь, тундровые экосистемы с коротким вегетационным периодом и медленными темпами восстановления после нарушений. В целом, устойчивость экосистем падает с обеднением видового состава, на графике это отчетливо прослеживается.

На основе полученных данных были проведены расчеты общей доли наименее устойчивых экосистем в % от общей площади каждого НП России для составления рейтинга НП по устойчивости. Все НП были поделены на 5 групп, которые представлены на схеме (рис. 3).

Проведя анализ посещаемости национальных парков и сравнив посещаемость с полученной группой устойчивости каждого отдельного НП были получены фактические данные того, что в современных реалиях развития экологического туризма в России, уровень устойчивости экосистем НП фактически не учитывается в погоне за ростом показателей посещаемости НП. Так, в группу с наименее устойчивыми экосистемами на территории НП попал НП Куршская коса, который входит в первую десятку НП РФ по посещаемости, в группу со слабой устойчивостью попали НП Байкальской природной территории, которые также являются лидерами по посещаемости территорий НП в стране.

Важно понимать, что вышеизложенное представляет лишь один из вариантов учета устойчивости экосистем к антропогенным нагрузкам, который можно применить как основу для стратегического планирования туристической деятельности в национальных парках именно на страновом уровне. Спускаясь на региональный или объектовый уровень, такая оценка становится малоэффективна для использования в связи с недостаточной информативностью. Для сбалансированного выполнения двух задач национальных парков, таких как сохранение в естественном состоянии уникальных и типичных природных комплексов и объектов и организация, и осуществление туризма, необходимо на уровне каждого национального парка исследование разнообразия экосистем и их учет при создании плана рекреационной деятельности национального парка.

² <https://biodat.ru/>



Рис. 3. Распределение НП России по группам потенциальной устойчивости экосистем

Литература

1. Базилевич Н. И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии / Институт географии РАН. М. : "Наука", 1993. 293 с.
2. Барталев С. А., Белвард А. С, Ершов Д. В., Исаев А. С. Карта наземных экосистем Северной Евразии по данным SPOT-Vegetation : Проект Global Land Cover 2000 : Информационная система TerraNorte. Институт космических исследований РАН, 2004.
3. Мартынов А. С., Артюхов В. В. Интегральная оценка устойчивости (уязвимости) экосистем // Состояние биологических ресурсов и биоразнообразия России и ближнего зарубежья (1988-1993 гг.). М. : ВНИИприрода, 1994. С. 17–18.
4. Уткин А. И. Биологическая продуктивность лесов (методы изучения и результаты) // Лесоведение и лесоводство: итоги науки и техники. Т. 1. М. : ВИНТИ, 1975. С. 9–189.

E. B. Spivakova, O. A. Illarionova, O. A. Klimanova
DIVERSITY OF ECOSYSTEMS OF NATIONAL PARKS OF RUSSIA
AND THEIR ROLE IN FORMING RESILIENCE
TO ANTHROPOGENIC LOAD

Lomonosov Moscow State University
ekspivakova@mail.ru

The paper assesses the resilience of ecosystems of national parks of Russia to anthropogenic loads, which is of key importance for the sustainable development of ecotourism and the conservation of natural complexes. The diversity of ecosystems, their productivity and ability to self-recovery are considered. The study is based on data from the map of terrestrial ecosystems of Northern Eurasia and data on ecosystem products. In addition, the paper provides a classification of national parks by groups of their ecosystem resilience.

Научное издание

**Региональные геоэкологические проблемы
в контексте глобальных изменений**

Редактор **Климанова** Оксана Александровна

Статьи публикуются в авторской редакции

Верстка С. В. Иванов

Формат 70×100 1/16

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт географии Российской академии наук
119017, Москва, Старомонетный переулок, дом 29, стр. 4.