

ИЗВЕСТИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

СЕРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ



НАУКА

— 1727 —

СОДЕРЖАНИЕ

Том 88, номер 1, 2024

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Пути экологизации сельскохозяйственного землепользования
в трансграничных сухостепных ландшафтах Кулунды
Б. А. Красноярова, И. В. Орлова, Т. Г. Плуталова, С. Н. Шарабарина 3
- Оценка экономического ущерба от природных опасностей
для железнодорожной инфраструктуры Российской Федерации
С. В. Бадина, А. С. Турчанинова, В. Л. Бабурин, А. М. Минченкова 17

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

- Региональные особенности трансформации структуры водного баланса
в ходе восстановительных сукцессий на вырубках темнохвойных лесов Енисейского края
Т. А. Буренина, М. А. Корец, Ж. Р. Сулейманова 27
- Оценка ландшафтно-климатического потенциала горной части Южно-Сахалинска
для целей оздоровительного туризма и терренкуротерапии
Ю. В. Корягина, Н. П. Поволоцкая, С. В. Нопин, Г. Н. Тер-Акопов, А. Н. Попов 41
- Особенности расселения чужеродных видов сосудистых растений
в связи с развитием транспортной инфраструктуры Национального парка “Валдайский”
Е. А. Белоновская, А. А. Тишков, Н. Г. Царевская, И. Г. Хмельщиков 53

ЭВОЛЮЦИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

- Реконструкции палеопожаров в бассейне верхнего Дона в позднем голоцене
Д. А. Куприянов, Е. М. Волкова, В. В. Миронов, О. А. Леонова, А. А. Чепурная, Е. Ю. Новенко 64
- Микробиоморфный анализ в изучении позднеледниковой природной среды:
предварительные результаты исследования разреза Куликово
(Самбийский полуостров, Калининградская область)
А. А. Гольева, О. А. Дружинина 77

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ НАУКА ЗА РУБЕЖОМ

- Ландшафтная концепция и география религий (на материалах англоязычной географии)
Р. О. Поплавский, Ф. С. Корандей, М. С. Черепанов 90

IN MEMORIAM

- К итогам творческой жизни Б.Б. Родомана
В. Л. Каганский 100

CONTENTS

Volume 88, No. 1, 2024

Natural Resource Use and Geoecology

- Ways for Greening Agricultural Land Use in Transboundary Dry Steppe Landscapes of Kulunda
B. A. Krasnoyarova, I. V. Orlova, T. G. Plutalova, and S. N. Sharabarina 3
- Approaches to the Assessment of Economic Damage from Natural Hazards
for the Railway Infrastructure (the Case of the Russian Federation)
S. V. Badina, A. S. Turchaninova, V. L. Baburin, and A. M. Minchenkova 17

Regional Geographical Problems

- Regional Specificity of the Transformation of the Water Balance Structure during
Restoration Successions in the Cutting of Dark Coniferous Forests of the Yenisey Ridge
T. A. Burenina, M. A. Korets, and Zh. R. Suleimanova 27
- Evaluation of Landscape and Climatic Potential of the Mountain Part of Yuzhno-Sakhalinsk
for the Purposes of Health Tourism and Terrain Cure
Yu. V. Koryagina, N. P. Povolotskaya, S. V. Nopin, G. N. Ter-Akopov, and A. N. Popov 41
- Peculiarities of Expansion of Alien Species of Vascular Plants due to the Development
of Transport Infrastructure of the Valdaisky National Park
E. A. Belonovskaya, A. A. Tishkov, N. G. Tsarevskaya, and I. G. Khmelshchikov 53

Evolution of Natural Systems

- Reconstructions of Paleofires in the Upper Don Basin in the Late Holocene
D. A. Kupriyanov, E. M. Volkova, V. V. Mironov, O. A. Leonova, A. A. Chepurayeva, and E. Yu. Novenko 64
- Microbiomorphologic Analysis in the Study of the Pioneer Environment
of the Late Glacial: Preliminary Results of Kulikovo Section (Sambian Peninsula, Kaliningrad Oblast)
A. A. Golyeva and O. A. Druzhinina 77

Geographic Science Abroad

- Landscape Framework and Geography of Religion: A Terminological Aspect
(a Case Study of Geographical Publications in English)
R. O. Poplavsky, F. S. Korandei, and M. S. Cherepanov 90

In Memoriam

- To the Results of B.B. Rodoman's Creative Life
V. L. Kaganskiy 100

ПУТИ ЭКОЛОГИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ТРАНСГРАНИЧНЫХ СУХОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТАХ КУЛУНДЫ

© 2024 Б. А. Краснаярова¹ *, И. В. Орлова¹, Т. Г. Плуталова¹, С. Н. Шарабарина¹

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия

*e-mail: bella@iwep.ru

Поступила в редакцию 18.08.2023 г.

После доработки 22.12.2023 г.

Принята к публикации 26.12.2023 г.

Засушливые территории подвержены процессам деградации, обусловленным природными и антропогенными факторами, среди последних по масштабу и продолжительности воздействия выделяется сельскохозяйственная деятельность. Включение эколого-ландшафтных принципов в систему стратегического управления землепользованием направлено на достижение целей устойчивого развития трансграничной территории как единой социально-экологической системы при соблюдении экологических норм и учете устойчивости ландшафтов к сельскохозяйственным нагрузкам. Проведено исследование засушливых ландшафтов Российско-Казахстанского трансграничья (Кулундинская равнина) с использованием эколого-ландшафтного и системного подходов, инструментов дистанционного зондирования и ландшафтного планирования. Установлена асимметричность развития Кулунды: с российской стороны продолжает превалировать растениеводство с доминированием зерновых культур, с казахстанской – возобновилось преобладание животноводства, традиционного для степных пространств Евразии, при сокращении площади пашни. Выявлено, что 75% площади изучаемой территории занимают малоустойчивые ландшафты; неустойчивые к сельскохозяйственному воздействию – 17%; относительно устойчивые – лишь 8% территории. Для неустойчивых ландшафтов, которые нецелесообразно вовлекать в сельскохозяйственный оборот в силу их средорегулирующих, водоохраных и почвозащитных функций, предложена стратегия сохранения. Стратегия адаптации разрабатывается для малоустойчивых ландшафтов, которые рекомендуется использовать под пашню с доминированием многолетних трав и естественные кормовые угодья с проведением агротехнических и мелиоративных мероприятий. Для относительно устойчивых ландшафтов рекомендуется стратегия развития с применением зернопаровой почвозащитной системы земледелия. Внедрение данных стратегий позволит обеспечить единство инструментов управления на трансграничной территории, достичь компромисса между интенсивным использованием засушливых сельскохозяйственных земель и их сохранением.

Ключевые слова: засушливые ландшафты, сельскохозяйственное воздействие, устойчивое землепользование, стратегия землепользования, Российско-Казахстанское трансграничье, деградация земель

DOI: 10.31857/S2587556624010019, **EDN:** GLSZKQ

ВВЕДЕНИЕ

Одна из крупнейших засушливых зон мира протянулась вдоль Российско-Казахстанской границы, занимая около 4% территории России и почти 30% – Казахстана¹ (Золотокрылин, Черенкова, 2009). С 1950-х годов эти территории интенсивно распаивались без учета устойчивости ландшафтов к земледельческому освоению. В результате площади деградированных

земель занимают значительную долю сельскохозяйственных угодий по обе стороны границы. Усугубляет ситуацию возрастающая аридизация климата (Доклад ..., 2022). К экологическим проблемам засушливой зоны Российско-Казахстанского трансграничья добавляются социально-экономические, обусловленные его периферийным положением, аграрной специализацией, разрывом хозяйственных связей после распада

¹ <https://www.gov.kz/article/19305?lang=ru> (дата обращения 17.07.2023).

СССР и слабой реализацией возможностей приграничья.

В научном сообществе звучат предложения рассматривать засушливые земли в качестве глобального экологического достояния, остро нуждающихся в обеспечении их устойчивости (Пространственное ..., 2019). Приводятся доказательства низкой эффективности современных механизмов управления засушливыми землями для предотвращения их деградации (Левыкин и др., 2020; van Ginkel et al., 2013). Это предопределило необходимость разработки адаптивных принципов управления засушливыми землями (Stringer et al., 2017), концепции нейтрального баланса деградации земель (Kust et al., 2017), докладов Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием и Межправительственной комиссии по изменению климата (IPCC) (Climate ..., 2019).

Достигнут определенный прогресс в использовании эколого-ландшафтных методов планирования сельскохозяйственного землепользования (Pearson and McAlpine, 2010), однако в основном изучались аспекты оптимизации территориального устройства с точки зрения функционального зонирования (Li et al., 2021). Другие исследования были сосредоточены на вопросах воздействия землепользования на ландшафты и окружающую среду (van Vliet et al., 2015), оценки устойчивости компонентов ландшафтов к сельскохозяйственным воздействиям (Mohamed et al., 2014), оценки качества и пригодности земель для использования в сельском хозяйстве, в том числе в засушливых регионах (Abd El-Aziz, 2018; Karimi et al., 2015).

Можно отметить успешный опыт внедрения в практику пространственного планирования принципов и целей устойчивого развития (Solly et al., 2020), методов экологической оценки (Campagna et al., 2018), однако трудности с внедрением экологических знаний в различные территориальные планы до конца не преодолены (Gu and Deal, 2018). Например, сохраняется некоторый разрыв между проводимыми обширными исследованиями под эгидой ландшафтной экологии и применением полученных знаний в практике пространственного планирования (Almenar et al., 2018). Недостаточно внимания уделялось и возможностям стратегического планирования аграрных территорий, расположенных в условиях трансграничности и прогрессирующего опустынивания (Rodriguez Lopez et al., 2019).

Настоящее исследование направлено на развитие идей устойчивого сельскохозяйственного землепользования и возможностей эколого-ландшафтного подхода в стратегическом планировании трансграничных засушливых территорий. Для этого мы рассматриваем Рос-

сийско-Казахстанскую трансграничную территорию как единую социально-экологическую систему, изучая ее природные особенности (ландшафтную структуру и динамику землепользования), население и его сельскохозяйственную деятельность, и предлагаем дифференциацию стратегий землепользования с учетом экологических норм и устойчивости ландшафтов.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования

Рассмотрены муниципальные районы двух приграничных регионов: Алтайского края (АК) России и Павлодарской области (ПО) Республики Казахстан (рис. 1).

Российско-казахстанские приграничные регионы долгое время развивались в составе одного государства и имеют сходные проблемы природопользования и сопоставимый уровень сельскохозяйственного воздействия. После распада Советского Союза единая природная территория стала развиваться в различных институциональных условиях, что связано с разными векторами аграрной политики государств, значительным оттоком русского населения из Северного Казахстана и забрасыванием пахотных земель. Научный интерес представляет изучение функционирования систем землепользования по разные стороны государственной границы, их сравнительный анализ, выбор и реализация стратегии развития.

Приграничные районы Алтайского края и Павлодарской области расположены на территории Кулундинской равнины Обь-Иртышского междуречья в зоне сухой степи и характеризуются ультраконтинентальным географическим положением. Согласно Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (1994 г.), исследуемая территория относится к сухим субгумидным районам (коэффициент увлажнения К. Торнтвейта равен 0.5–0.65).

Алгоритм исследования

Алгоритм исследования предусматривает пять основных этапов стратегического пространственного планирования (рис. 2). Их реализация способствует не только сохранению ландшафтов, но и достижению единства политических экологических инструментов управления, направленных на предотвращение деградации засушливых земель в трансграничных условиях. Реализуя этот алгоритм, можно проследить взаимосвязи между природной основой сельскохозяйственного землепользования (этап 1), социально-экономической и институциональной структурой, формирующей систему землепользования (этап 2) и результатом

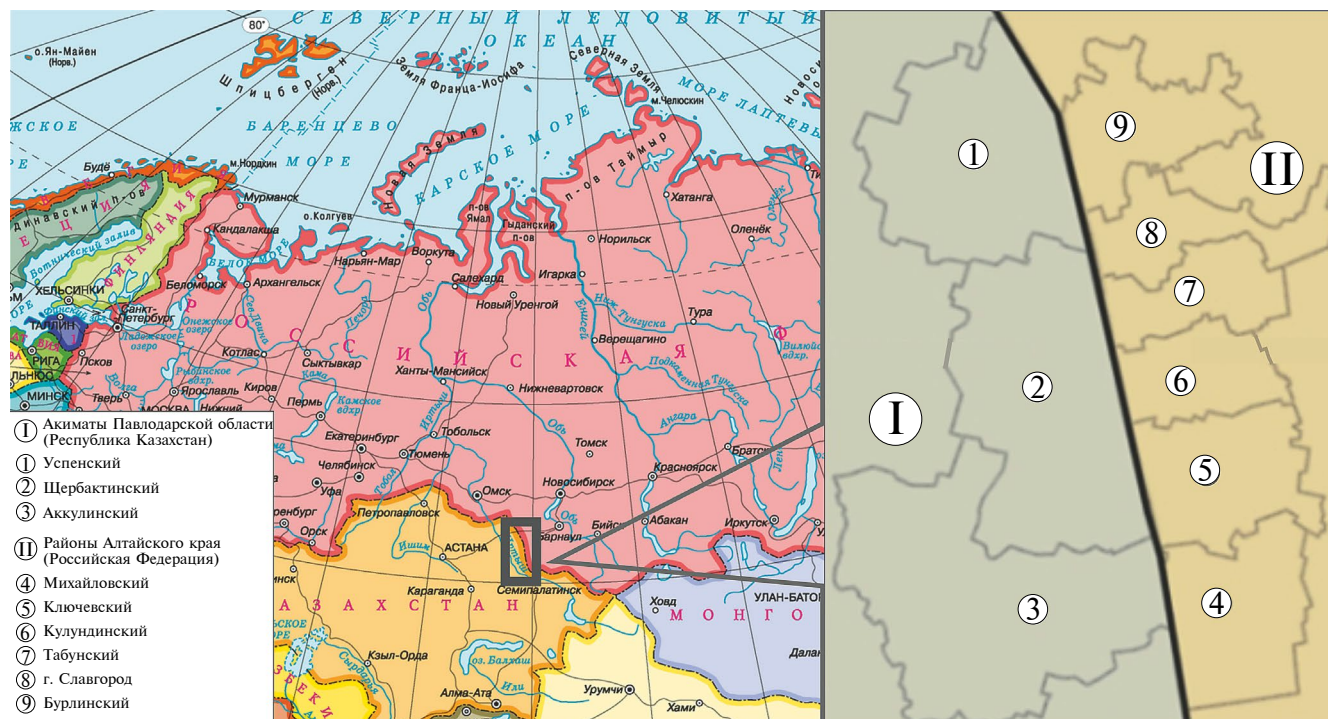


Рис. 1. Географическое положение объекта исследования.



Рис. 2. Концептуальная схема исследования.

их взаимодействия в виде экологических изменений (этап 3), перейти к проектированию экологоприемлемой структуры землепользования на основе оценки устойчивости засушливых ландшафтов (этап 4) и разработке стратегий сельскохозяйственного землепользования с учетом целей аграрного развития и сохранения экологического баланса по обе стороны границы (этап 5). Данный подход реализован для трансграничной территории Кулунды.

В основе исследования лежит ландшафтный подход — теоретическая концепция об объективных закономерностях дифференциации природной среды как совокупности иерархически организованных ландшафтов. Изучаемая территория — Кулундинская равнина, коренные ландшафты которой значительно преобразованы аграрной деятельностью.

Для уточнения современной структуры и динамики использования ландшафтов изучаемого региона использованы свободно распространяемые данные спутников серии Landsat (USGS Global Visualization Viewer²). Классификация объектов проведена по алгоритму “контролируемой классификации” (с обучением) по правилу максимального правдоподобия для комбинации каналов. Обучающие выборки для классификации создавались с помощью выделения областей интереса, границы которых были отмечены в полевых условиях с помощью GPS. Для каждого класса определялось до 30 ключевых участков, число эталонов — 140 (Плуталова, 2018).

При обработке социально-экономической информации по муниципалитетам, данных о структуре землепользования и показателей плодородия почв использованы аналитический и математико-статистические методы. Для визуализации результатов исследования и составления оценочных карт применялись средства ArcGIS Desktop 10.2 и QGIS Desktop 3.12. Исходными материалами послужили опубликованные данные российских и казахстанских профильных ведомств, литературные источники, спутниковые снимки, находящиеся в свободном доступе (см. рис. 2).

Оценка устойчивости ландшафтов к сельскохозяйственному воздействию и экологическое нормирование

При оценке устойчивости ландшафтов к сельскохозяйственному воздействию (способность противостоять внешним воздействиям и восстанавливать свои свойства) использованы методические подходы, основанные на методах нормирования отдельных показателей с последующим суммированием по балльной системе (табл. 1) (Орлова, 2014), что позволило сгруппи-

ровать ландшафты в однородные группы по степени общей устойчивости:

$$C = \frac{100 \sum_{g=1}^n C_g}{Q},$$

где C — оценка потенциальной природной устойчивости ландшафта к сельскохозяйственному воздействию; C_g — балльная оценка по g -ому показателю; Q — максимально возможная сумма баллов; g — порядковый номер показателя; n — количество показателей/признаков.

Данная методика И.В. Орловой была апробирована многими авторами (Байкалова и др., 2016; Озгелдинова и др., 2020; Kuderin et al., 2019) и подтвердила эффективность ее применения в разных регионах (предгорных алтайских районах, южном Казахстане, бассейне р. Сарысу и др.).

Картографической основой оценки являлись материалы ландшафтной (1980 г.) и почвенной (1983 г.) карт СССР, уточненные по данным почвенных обследований сельхозпредприятий (выполненные АлтайНИИГипрозем) и натурных наблюдений авторов.

Экологическое нормирование и определение экологических ограничений использования агроландшафтов основано на оценке допустимых и критических нагрузок на окружающую среду (таких, как нагрузка скота на пастбищные угодья, загрязненность почв минеральными удобрениями, степень распаханности, лесистости, сельскохозяйственной преобразованности территории и т.д.). Под допустимой понимают такую нагрузку, при которой отклонение от нормального состояния системы не превышает естественных изменений и не ведет к ухудшению качества среды (Израэль, 1984). Для оптимизации структуры землепользования разрабатываются предложения экологоприемлемого соотношения площади средообразующих и антропогенно преобразованных экосистем, которое будет способствовать сохранению экологического баланса (Одум, 1986). Для изучаемой территории использованы оптимальные параметры структуры земельных угодий (Одум, 1986; Реймерс, 1994) с учетом региональной специфики степной зоны (Орлова, 2014; Парамонов, Симоненко, 2007) (табл. 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Ландшафтная структура территории и изменения структуры землепользования

Исследуемая территория относится к степному типу равнинных ландшафтов суббореальной континентальной группы, большая часть (80%) — к сухостепному подтипу (Ландшафтная ..., 1980).

² USGS Global Visualization Viewer. <http://glovis.usgs.gov/> (дата обращения 10.02.2020).

Таблица 1. Шкала оценки потенциальной устойчивости ландшафтов к сельскохозяйственному воздействию

Почвенно-ландшафтный показатель	0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла
Геохимическое положение ландшафта	аккумулятивное	трансаккумулятивное	транзитное	трансэлювиальное	элювиальное
Степень естественной дренированности ландшафта	бессточная	—	слабо дренированная	—	хорошо дренированная
Степень гидроморфности почв	гидроморфные	—	полугидроморфные	—	автоморфные
Объемная масса почвы, г/см ³	>1.6	1.5–1.6	1.3–1.4	1.0–1.2	0.8–1.0
Механический состав почвы	песок	супесь	легкий суглинок	средний суглинок	тяжелый суглинок, глина
Тип водного режима	десуктивно-выпотной	выпотной	непромывной	периодически промывной	промывной
Мощность гумусово-аккумулятивного горизонта (A + AB), см	<3	3–9	10–25	26–80	>80
Содержание гумуса в слое 0–20 см, %	<2	слабогумусированная (2–4)	малогумусная (4.1–6)	среднегумусная (6.1–9)	тучная (>9)
Кислотность почвенного раствора (рН _{вод})	сильнокислая (<4.5) или сильнощелочная (>8.6)	кислая (4.5–5.0) или щелочная (7.6–8.5)	слабокислая (5.1–5.5) или слабощелочная (7.0–7.5)	близкая к нейтральной (5.6–6.0)	нейтральная (6.1–7.0)
Емкость катионного поглощения (обмена), мг.-экв./100 г почвы	низкая (<10)	10–20	средняя (21–30)	31–40	высокая (>40)
Степень насыщенности почвенных коллоидов основаниями, %	<20	20–40	41–60	61–80	>80
Степень засоленности (содержание солей в верхнем горизонте, %)	очень сильная и сильная (>0.6)	средняя (0.31–0.6)	слабая (0.21–0.3)	очень слабая (0.15–0.2)	не засолены (<0.15)
Водно-физические свойства почв	весьма неудовлетворительные	неудовлетворительные	удовлетворительные	хорошие	благоприятные и весьма благоприятные
Покрытая растительностью площадь, %	непокрытая	слабопокрытая (<30)	среднепокрытая (31–60)	сильнопокрытая	сплошь покрытая (>90)
Интенсивность биологического круговорота (отношение мортмассы к ежегодному приросту)	очень слабая (>15)	слабая (15–6.1)	средняя (6–2.6)	сильная (2.5–1)	очень сильная (<1)

Таблица 2. Экологические параметры сельскохозяйственных воздействий на природные системы в степной зоне

Показатель	Верхний экологический предел сельскохозяйственной нагрузки	Оптимальная норма сельскохозяйственной нагрузки
Доля природных (естественных) ландшафтов в общей площади территории	≥35–40%	≥60%
Доля пашни в площади сельхозугодий	≤60%	≤40–45%
Доля многолетних трав в площади пашни	≥25–30%	30–50%
Доля кормовых угодий в площади сельхозугодий	≥30%	50–70%
Доля лесных площадей в общей площади	≥10–15%	15–30%
Доля полезащитных лесополос в площади пашни	≥5–6%	≥7%
Доля орошаемых земель в площади сельхозугодий	≤20% в сухой и полусухой зонах; ≤15% в засушливой и полусушливой зонах	15–20% в сухой и полусухой зонах; 10–15% в засушливой и полусушливой зонах
Внесение органических удобрений (навоз)	≥9–10 т/га	40–70 т/га
Внесение минеральных удобрений	≥15–20 кг/га P ₂ O ₅ ; ≥1 ц/га нитроаммофоса	Устанавливается специалистом агрономом
Внесение пестицидов	≤1.3 кг д.в./га	Весьма нежелательно
Нагрузка крупного рогатого скота (КРС)	≥1 га пастбищ на 1 усл. голову	≥2 га пастбищ на 1 условную голову
Нагрузка мелкого рогатого скота	≥2 га пастбищ на 1 голову	От 2 до 5 га пастбищ на 1 голову
Нагрузка свиней	≥2 га с/х угодий на 1 голову	≥10 га с/х угодий на 1 голову
Нагрузка домашней птицы	≥0.3 га с/х угодий на 1 голову	От 0.3 до 2 га с/х угодий на 1 голову
Доля селитебных и техногенных территорий в общей площади территории	≤10%	1–3%

Источник: (Орлова, 2014).

Результаты классификации и генерализации данных спутников серии Landsat (рис. 3) показали асимметричность развития Кулунды по разные стороны государственной границы: высокая распаханность российской части при высокой доле естественных пастбищ, сенокосов и залежей, занятых степной растительностью в Казахстане.

При дешифрировании дистанционных данных за 2000 и 2018 гг. выявлено сокращение распаханной площади и увеличение площадей с травянистой и древесно-кустарниковой растительностью по обе стороны границы. Наибольшее сокращение – на 10% – произошло в северной и южной частях Кулундинской равнины, занятых озерно-аллювиальными, эоловыми и лесовыми аккумулятивными и денудационными пластовыми типами ландшафтов. Это свидетельствует о некотором снижении сельскохозяйственной нагрузки и выводе из оборота наиболее деградированных земель; высокая распаханность сохраняется в центральной части.

Социально-экономические изменения в землепользовании

В процессе сравнительного анализа социально-экономических тенденций развития сельскохозяйственного землепользования по разные стороны Российско-Казахстанской границы установлены следующие тенденции (табл. 3).

А. Сходства

1. Формирование частной собственности на землю, основные землепользователи – сельскохозяйственные и крестьянско-фермерские хозяйства (КФХ) – занимают более 90% всех сельскохозяйственных угодий.
2. Ориентация практики управления на административные границы.
3. Общее сокращение сельскохозяйственных угодий, в том числе пашни (за 1991–2018 гг. в 1.5–2.5 раза).
4. Преобладание в структуре посевов зерновых культур: 55% в российской части Кулунды, 62% – в казахстанской. При этом в российском приграничье более чем в 2 раза по сравнению

с казахстанском выше доля технических культур (подсолнечника и сои), а в казахстанской — кормовых культур (на 5 п. п.).

5. Масштабное сокращение поголовья скота (КРС, свиньи, овцы) и в российской, и в казахстанской частях (в 2–3 раза по сравнению с 1990 г.).

Б. Различия

1. Разная интенсивность сокращения сельскохозяйственной освоенности и распаханности: для казахстанской территории интенсивность сокращения площадей выше, а зерновая специализация сельского хозяйства сменилась

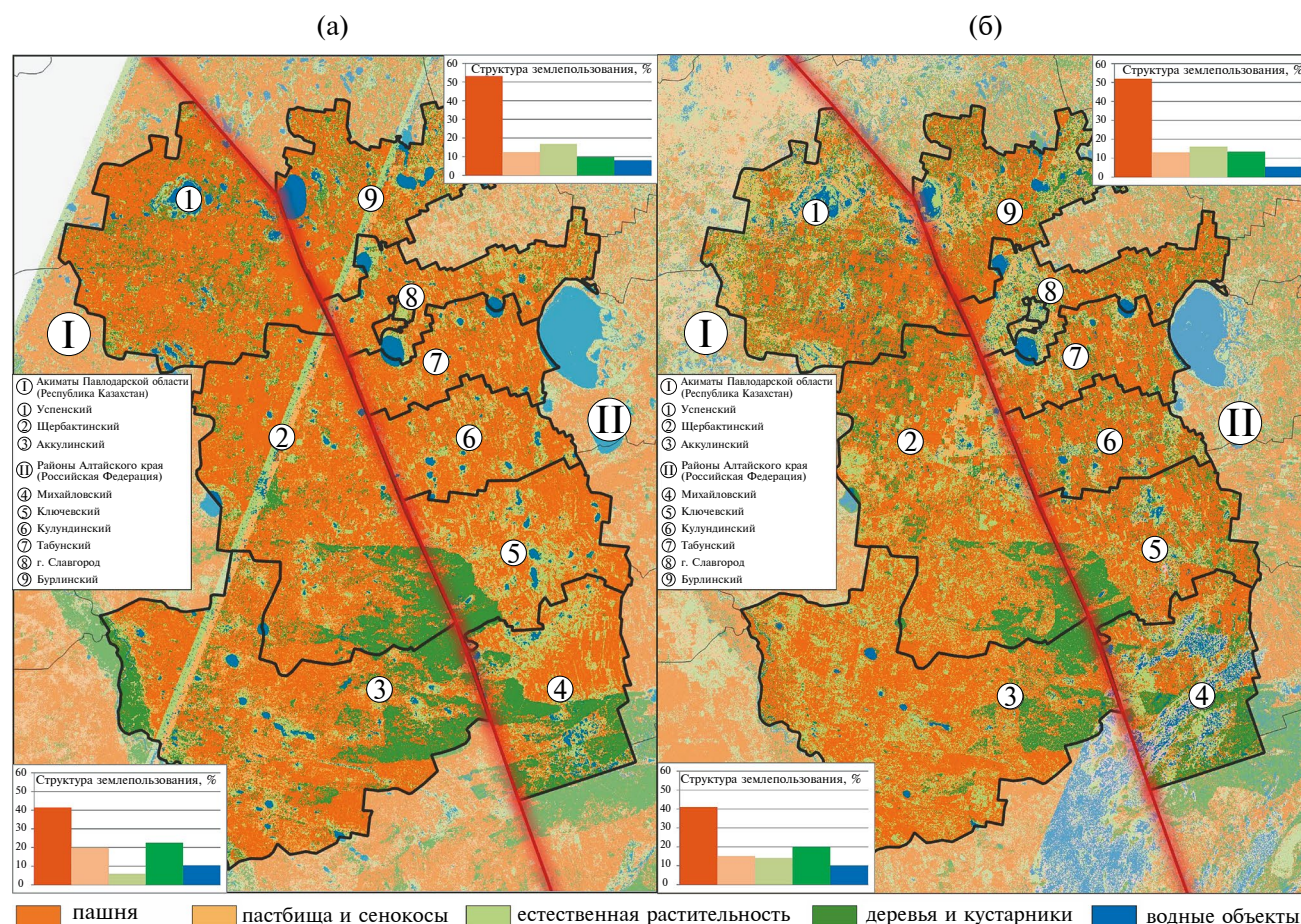


Рис. 3. Структура землепользования в 2000 (а) и 2018 (б) гг.

Таблица 3. Изменения в сельскохозяйственном землепользовании за 1991–2018 гг.

Показатель	СССР, 1991 г. (районы АК и ПО)	Россия, 2018 г. (районы АК)	Казахстан, 2018 г. (районы ПО)
Доля трудоспособного населения, занятого в сельском хозяйстве, %	20.4 (АК) 20 (ПО)	10–20	60–70
Основные производители сельскохозяйственной продукции	колхозы и совхозы	сельскохозяйственные предприятия и хозяйства населения	КФХ и хозяйства населения
Посевная площадь	776.5 тыс. га (АК) 1048.3 тыс. га (ПО)	81.6% от уровня 1991 г.	39% от уровня 1991 г.
Урожайность (средняя за 5 лет) зерновых культур, ц/га	8.3 (1986–1990 гг.)	8.6 (2014–2018 гг.)	8.4 (2014–2018 гг.)
Поголовье скота	АК 193 тыс. усл. голов ПО 220.6 тыс. усл. голов	КРС, овцы — в 3, а свиньи — в 2 раза ниже уровня 1991 г.	КРС, свиньи — в 2 и овцы — в 3 раза ниже; лошади — в 1.3 раза выше уровня 1991 г.

Рассчитано авторами на основе статистических данных.

животноводческой; для приграничной российской территории растениеводство осталось основным.

2. Рост доли продукции животноводства в структуре валовой продукции сельского хозяйства в казахстанской части Кулунды, растениеводства — в российской части.

3. Изменение форм хозяйствования: в Казахстане основными производителями растениеводческой продукции являются КФХ, в России — крупные сельхозпредприятия.

4. Позитивные изменения в развитии животноводства в 2000-е годы, при этом в российской части отмечено снижение доли сельхозорганизаций в производстве продукции животноводства и рост личных подсобных хозяйств; в казахстанской — увеличивается доля КФХ.

Сравнительный анализ систем землепользования показал разнонаправленность процессов трансформации по разные стороны границы. С российской стороны продолжает превалировать растениеводство с доминированием зерновых культур, с казахстанской — возобновилось преобладание животноводства, традиционного для степных пространств Евразии, при сокращении площади пашни. При этом сохраняется значимость личных подсобных хозяйств населения в производстве сельхозпродукции.

Оценка потенциальной природной устойчивости ландшафтов

На основе выбранных почвенно-ландшафтных показателей (см. табл. 1), характеризующих

устойчивость засушливых ландшафтов к сельскохозяйственному воздействию, проведено их ранжирование по степени усиления или ослабления; выделены ландшафты неустойчивые, малоустойчивые, относительно устойчивые. Устойчивые ландшафты, способные выдержать большую сельскохозяйственную нагрузку, на данной территории отсутствуют.

Установлено, что основную часть исследуемой территории занимают ландшафты мало- и неустойчивые к сельскохозяйственному воздействию (75 и 17% площади соответственно) и требуется учет экологических ограничений (см. табл. 2) при осуществлении хозяйственной деятельности (Красноярова и др., 2019).

Разработка стратегии землепользования на основе экологического нормирования и устойчивости природных систем

Проведенный анализ показал несоответствие фактических показателей землепользования в российской и казахстанской частях Кулунды (рис. 4) экологическим параметрам предельно допустимых и оптимальных для степной зоны уровней сельскохозяйственной нагрузки (Одум, 1986; Парамонов, Симоненко, 2007; Реймерс, 1994) (см. табл. 2).

Превышение в одних случаях (площадь пашни в районах Алтайского края) или крайне низкие значения — в других (доля орошаемых земель или внесение удобрений) говорят о сельскохозяйственной нагрузке, ведущей к негативным экологическим последствиям (деградации

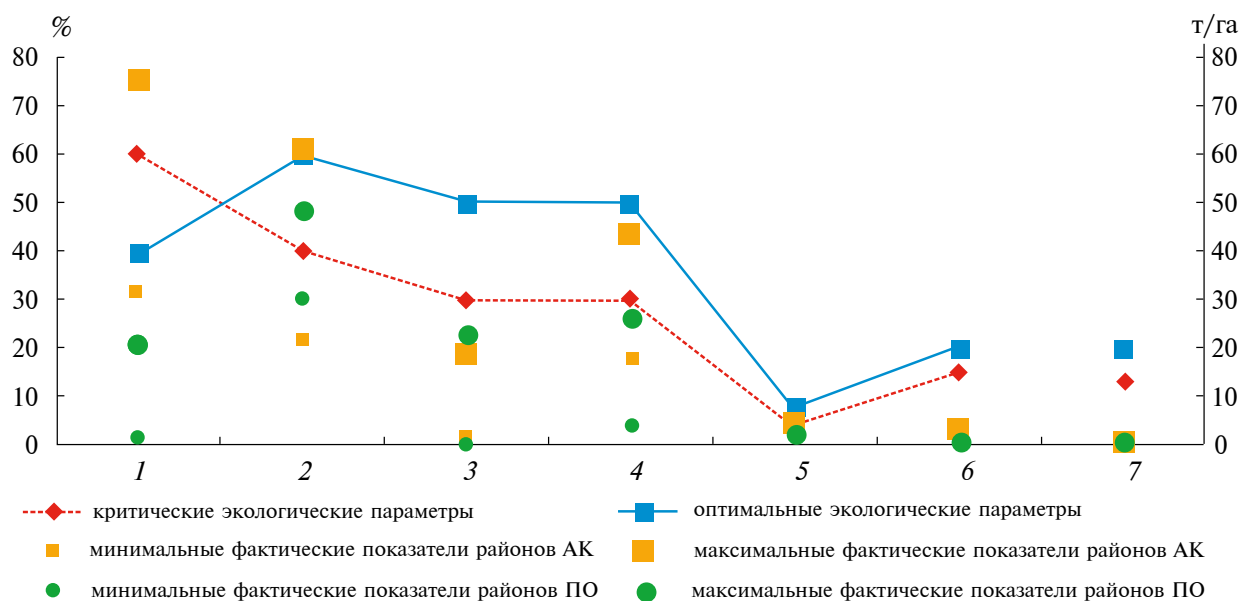


Рис. 4. Экологические параметры сельскохозяйственного воздействия в степной зоне.

Примечание. 1 — доля пашни от общей площади; 2 — доля природных ландшафтов в общей площади; 3 — доля многолетних трав от площади пашни; 4 — доля кормовых угодий от площади сельхозугодий; 5 — доля полезащитных лесополос от площади пашни; 6 — доля орошаемых земель от площади сельхозугодий; 7 — внесение органических удобрений, т/га в год.

пахотных и пастбищных угодий, засолению и загрязнению почв, опустыниванию земель и др.). Для изменения ситуации необходим пересмотр стратегии землепользования: уход от принципа “максимум прибыли – минимум издержек” в пользу эколого-ландшафтного земледелия и нормирования животноводческой нагрузки в соответствии с ландшафтной структурой территории и особенностями функционирования природных систем.

Для реализации данного подхода на основе проведенной оценки устойчивости ландшафтов и экологического нормирования (Красноярова и др., 2019) выделены зоны, требующие разных стратегий землепользования, отличающихся видами и интенсивностью сельскохозяйственного использования (рис. 5).

Стратегия развития рекомендуется для зоны с относительно устойчивыми к сельскохозяйственному воздействию ландшафтами (аллювиальные типы степных ландшафтов) с использованием под пашню с зернопаровой почвозащитной системой земледелия (в посевах преобладают зерновые продовольственные и фуражные культуры).

Стратегия адаптации разрабатывается для зоны с малоустойчивыми ландшафтами (большая часть рассматриваемой территории). Здесь вводятся ограничения на формы и интенсивность эксплуатации земель, направленные на снижение негативного воздействия. Рекомендуется использовать под пашню с высокой долей кормовых культур (многолетних трав) и естественные кормовые угодья (сенокосы и пастбища).

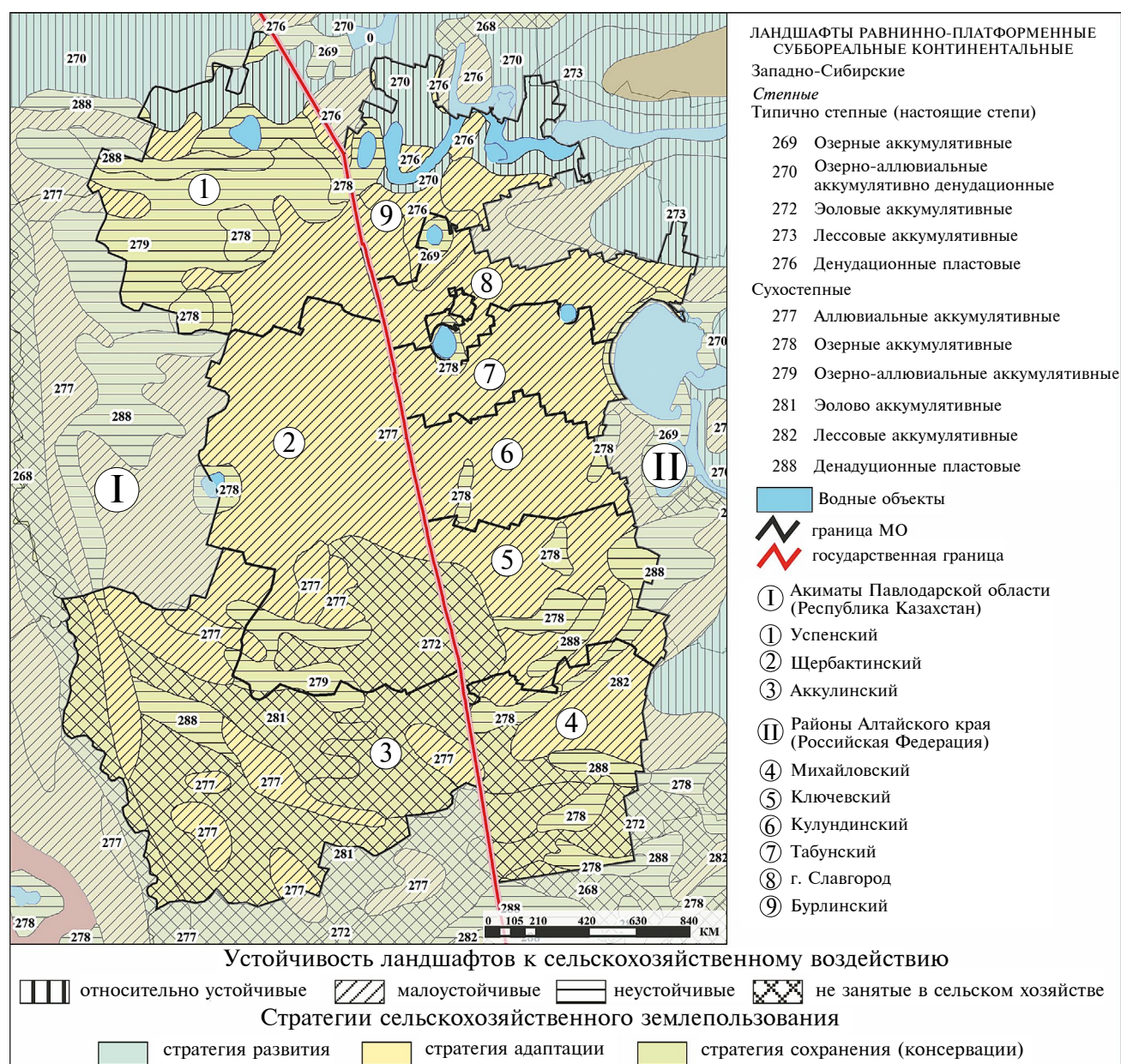


Рис. 5. Стратегии сельскохозяйственного землепользования Российско-Казахстанского трансграничья.

с проведением агротехнических и мелиоративных мероприятий.

Стратегия сохранения (консервации) рекомендуется для зоны неустойчивых ландшафтов с использованием земель в режиме сохранения; это приозерные территории с солонцами и солончаками, лесные массивы, заболоченные поймы рек. Данные ландшафты нецелесообразно вовлекать в сельскохозяйственный оборот в силу их средорегулирующих, водоохраных и почвозащитных функций. Допускается выборочное сенокосение.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты исследования показали, что инструменты стратегического планирования (ландшафтное планирование, функциональное зонирование, диагностический анализ и др.) имеют ряд особенностей/ограничений при их реализации для трансграничных территорий. В первую очередь это связано с различиями национальных систем управления и разными формами организации хозяйственной деятельности (Solly et al., 2020), что делает обеспечение устойчивого землепользования на трансграничных территориях более сложным. Другим важным аспектом является антропоцентрическая направленность и российских, и казахстанских стратегических документов, ориентированных на повышение уровня жизни местного населения и стимулирование социально-экономического развития территории в рамках современных реалий, без должного учета экологических ограничений.

Согласно основным стратегическим документам (План ..., 2022; Стратегия ..., 2019) в российских районах сохранится существующая специализация агрокомплекса: мясомолочное животноводство, производство зерна и масличных культур. Возможен значительный рост поголовья скота и производства молока, зерновых и технических культур. Сформулированные в этих документах положения, на наш взгляд, мало достижимы ввиду ограниченности кормовой базы данной территории. Следует сократить площадь под зерновыми и техническими культурами как почворазрушающими; увеличить посевы многолетних трав и площади под пастбищами, сократив животноводческую нагрузку, которая локализована и ведет к деградации пастбищ вокруг поселений, одновременно повысив объемы внесения удобрений до научно-обоснованных норм. Только в этом случае возможно достижение стратегических целей устойчивого развития этих территорий.

В приграничных районах Казахстана стратегические планы различаются: в Щербактинском районе акцент сделан на развитие мясного животноводства, в Успенском и Аккулинском райо-

нах — на молочное (План ..., 2021). Здесь отмечается рост орошаемых площадей и констатируется необходимость сохранения пастбищ как главного национального богатства (Устойчивое ..., 2010). При этом и в Казахстане вопросы сохранения и повышения продуктивности агроландшафтов в условиях сухой степи остаются актуальными.

И российская, и казахстанская системы землепользования не лишены недостатков, но с ландшафтно-экологической точки зрения тренды аграрного развития казахстанской части Кулунды после распада СССР можно рассматривать как более устойчивые в долгосрочной перспективе, чем на российской части. Однако существует риск того, что в силу обострения проблем продовольственной безопасности и прогнозируемого усиления засушливости климата сельскохозяйственная нагрузка на ландшафты будет усиливаться по обе стороны государственной границы. Так, уже сейчас наблюдается тенденция увеличения животноводческой нагрузки на ландшафты в казахстанских районах и возрастания доли зерновых и технических культур в структуре посевов — в российских. Это требует разработки мер по регулированию данных негативных процессов.

Включение эколого-ландшафтного планирования на основе экологического нормирования и оценок устойчивости ландшафта в документы территориального и стратегического планирования муниципального уровня может стать инструментом обеспечения устойчивого землепользования и предотвращения деградации земель, что согласуется с аналогичными выводами других авторов (Hamilton et al., 2015; Waas et al., 2014). Результаты такой оценки позволяют разрешить противоречие между ориентацией практики управления землепользованием на административные границы, игнорирующие специфику ландшафтной структуры территории, и способствуют выявлению уязвимых мест в социально-экологических системах засушливых земель (Bennett and Gosnell, 2015).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В поисках баланса между необходимостью развития аграрного производства и сохранения природных комплексов уязвимых засушливых земель в трансграничном регионе действенным механизмом может стать использование эколого-ландшафтных подходов в стратегическом планировании сельскохозяйственного землепользования. Рассмотрение трансграничной территории как единой геосистемы и дифференциация сельскохозяйственного воздействия на отдельные ландшафты с учетом их устойчивости позволит остановить или предотвратить процессы их деградации, поскольку развитие сельского

хозяйства в рамках экологоприемлемых ограничений позволит соблюдать определенный баланс между развитием и сохранением. Реализация предложенного подхода на примере сухостепных ландшафтов Российско-Казахстанского приграничья позволила получить следующие результаты.

1. Установлена асимметричность землепользования в трансграничной Кулунде: высокая распаханность территории приграничных районов Алтайского края, тогда как в Павлодарской области преобладают естественные пастбища, сенокосы и залежи, занятые степной растительностью. Отмечается сокращение распаханых площадей и увеличение земель с травянистой и древесно-кустарниковой растительностью в северной и южной частях Кулунды.

2. Выявлена разнонаправленность процессов трансформации систем землепользования по разные стороны границы. С российской стороны продолжает превалировать растениеводство с доминированием зерновых культур, с казахстанской — возобновилось преобладание животноводства, традиционного для степных пространств Евразии, при сокращении площади пашни.

3. Оценка устойчивости ландшафтов показала, что основную часть исследуемой территории занимают ландшафты, мало- и неустойчивые к сельскохозяйственному воздействию. Выявленное несоответствие фактических показателей сельскохозяйственной нагрузки исследуемых районов экологическим параметрам для степной зоны требует пересмотра стратегий землепользования с учетом экологических ограничений при осуществлении хозяйственной деятельности.

4. На основе проведенной оценки устойчивости ландшафтов и экологического нормирования выделены зоны, требующие разных стратегий сельскохозяйственного землепользования с разными целевыми параметрами использования и экологическими ограничениями для сохранения почвенного плодородия и экологической реабилитации нарушенных земель.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках государственного задания FUFZ-2021-0007.

FUNDING

This study was carried out as a part of the state task (project FUFZ-2021-0007 of IWEPSB RAS).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Байкалова Т.В., Карпова Л.А., Морковкин Г.Г., Солонько Е.В. Исследование современного эколого-хозяйственного состояния сельских территорий предгорных районов Алтайского края для решения

- проблем устойчивого развития // Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та. 2016. № 11 (145). С. 82–91.
- Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год. М., 2022. 104 с.
- Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А. Площадь засушливых земель равнин России // Аридные экосистемы. 2009. Т. 15. № 1 (37). С. 5–12.
- Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометеиздат, 1984. 560 с.
- Красноярцева Б.А., Орлова И.В., Плуталова Т.Г., Шарбарина С.Н. Ландшафтно-экологическая оценка засушливых земель Российско-Казахстанского приграничья для устойчивого землепользования // Аридные экосистемы. 2019. Вып. 25. № 3 (80). С. 11–18.
- Ландшафтная карта СССР. Масштаб 1 : 2 500 000. Министерство геологии СССР. 1980.
- Левыкин С.В., Чибилёв А.А., Кочуров Б.И., Казачков Г.В. К стратегии сохранения и восстановления степей и управления природопользованием на постцелинном пространстве // Изв. РАН. Сер. геогр. 2020. № 4. С. 626–636.
DOI: 10.31857/S2587556620040093
- Одум Ю. Экология: в 2-х т. М.: Мир, 1986. Т. 1. 328 с.; Т. 2. 376 с.
- Озгелдинова Ж.О., Мукаев Ж.Т., Оспан Г.Т. Оценка потенциала устойчивости геосистем в условиях антропогенных воздействий (на примере бассейна реки Сарысу) // Гидрометеорология и экология. 2020. № 3 (98). С. 19–33.
- Орлова И.В. Ландшафтно-агроэкологическое планирование территории муниципального района. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. 254 с.
- Пармонов Е.Г., Симоненко А.П. Основы агролесомелиорации. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. 224 с.
- План мероприятий по реализации стратегии социально-экономического развития Алтайского края до 2035 года. Барнаул, 2022. 38 с.
- План развития Павлодарской области на 2021–2025 годы. Павлодар, 2021.
- Плуталова Т.Г. Мониторинг системы землепользования трансграничной территории “Кулунда” по данным дистанционного зондирования Земли // Изв. Алтайского отделения Русского географического общества. 2018. № 1 (48). С. 62–66.
- Пространственное развитие степных и постцелинных регионов Европейской России / под науч. ред. А.А. Чибилёва. Оренбург: ИС УрО РАН, 2019. Т. 2. 200 с.
- Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. М.: Россия молодая, 1994. 327 с.
- Стратегия социально-экономического развития Алтайского края до 2035 года. Барнаул, 2019. 194 с.
- Устойчивое управление пастбищными ресурсами для повышения благосостояния сельского населения и сохранения экологической целостности / Проект Правительства Республики Казахстан, Глобального экологического фонда и др. Алматы, 2010. 12 с.

- Abd El-Aziz S.H.* Evaluation of land suitability for main irrigated crops in the North-Western Region of Libya // *Eurasian J. of Soil Science*. 2018. Vol. 7 (1). P. 73–86.
- Almenar J.B., Rugani B., Geneletti D., Brewer T.* Integration of ecosystem services into a conceptual spatial planning framework based on a landscape ecology perspective // *Landsc. Ecol.* 2018. Vol. 33. P. 2047–2059.
- Bennett D.E., Gosnell H.* Integrating multiple perspectives on payments for ecosystem services through a social-ecological systems framework // *Ecol. Econ.* 2015. Vol. 116. P. 172–181.
DOI: 10.1016/j.ecolecon.2015.04.019
- Campagna M., Cesare E., Matta A., Serra M.* Bridging the Gap Between Strategic Environmental Assessment and Planning: A Geodesign Perspective // *Int. J. of E-Planning Research*. 2018. Vol. 7 (1). P. 34–52.
DOI: 10.4018/IJEPR.2018010103
- Climate Change and Land. IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems. WMO, UNEP, 2019.
- Gu Y., Deal B.* Coupling systems thinking and geodesign processes in land-use modelling, design, and planning // *J. Dig. Landsc. Arch.* 2018. Vol. 3. P. 51–59.
- Hamilton S., Doll J.E., Robertson G.P.* The ecology of agricultural landscapes: Long-term research on the road to sustainability. NY: Oxford Univ. Press, 2015. 432 p.
- Karimi S., Bagherzadeh A., Ebrahimi H.* Parametric approach to land evaluation for irrigation methods using GIS model at Jolgen-Rokh plain, Iran // *Indian J. of Fundamental and Applied Life Sciences*. 2015. Vol. 5 (1). P. 3699–3703.
- Kuderin A., Skorintseva I., Bassova T., Krylova V., Krasnoyarova B.* Landscape planning of the Kazaly irrigation array of southern Kazakhstan // *European J. of Geography*. 2019. Vol. 10 (1). P. 37–49.
- Kust G., Andreeva O., Cowie A.* Land Degradation Neutrality: Concept development, practical applications and assessment // *J. of Environmental Management*. 2017. Vol. 195 (1). P. 16–24.
DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.10.043
- Li S., Zhao X., Pu J., Miao P., Wang Q., Tan K.* Optimize and control territorial spatial functional areas to improve the ecological stability and total environment in karst areas of Southwest China // *Land Use Policy*. 2021. Vol. 100. Art. 104940.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104940>
- Mohamed E.S., Saleh A.M., Belal A.A.* Sustainability indicators for agricultural land-use based on GIS spatial modeling in North of Sinai-Egypt // *Egyptian J. of Remote Sensing and Space Sciences*. 2014. Vol. 17 (1). P. 1–15.
DOI: 10.1016/j.ejrs.2014.05.001
- Pearson D.M., McAlpine C.A.* Landscape ecology: an integrated science for sustainability in a changing world // *Landscape Ecol.* 2010. Vol. 25. P. 1151–1154.
- Rodriguez Lopez J.M., Tielbörger K., Claus C., Fröhlich C., Gramberger M., Scheffran J.* A Transdisciplinary Approach to Identifying Transboundary Tipping Points in a Contentious Area: Experiences from across the Jordan River Region // *Sustainability*. 2019. Vol. 11. Art. 1184.
<https://doi.org/10.3390/su11041184>
- Solly A., Berisha E., Cotella G., Janin Rivolin U.* How Sustainable Are Land Use Tools? A Europe-Wide Typological Investigation // *Sustainability*. 2020. Vol. 12 (3). Art. 1257.
<https://doi.org/10.3390/su12031257>
- Stringer L.C., Reed M.S., Fleskens L., Thomas R.J., Le Q.B., Lala-Pritchard T.* A new dryland development paradigm grounded in empirical analysis of dryland systems science // *Land Degrad. Dev.* 2017. Vol. 28. P. 1952–1961.
DOI: 10.1002/ldr.2716
- United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. 1994.
- van Ginkel M., Sayer J., Sinclair F., et al.* An integrated agro-ecosystem and livelihood systems approach for the poor and vulnerable in dry areas // *Food Security*. 2013. Vol. 5. P. 751–767.
<https://doi.org/10.1007/s12571-013-0305-5>
- van Vliet J., Magliocca N.R., Büchner B., et al.* Meta-studies in land use science: Current coverage and prospects // *Ambio: a J. Of The Human Environment*. 2015. Vol. 45. № 1. P. 15–28.
- Waas T., Hugé J., Block T., Wright T., Benitez-Capistros F., Verbruggen A.* Sustainability assessment and indicators: tools in a decision-making strategy for sustainable development // *Sustainability*. 2014. Vol. 6. P. 5512–5534.

Ways for Greening Agricultural Land Use in Transboundary Dry Steppe Landscapes of Kulunda

B. A. Krasnoyarova^{a, *}, I. V. Orlova^a, T. G. Plutalova^a, and S. N. Sharabarina^a

^a*Institute for Water and Environmental Problems of Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia*

**e-mail: bella@iwep.ru*

Drylands are subject to degradation processes caused by natural and anthropogenic factors. Among the latter, agricultural activities stand out in terms of the scale and duration of their impacts worldwide. These processes are exacerbated in transboundary areas with different socioeconomic and environmental management institutions. We propose the ecological-landscape paradigm of agricultural land management, which aims to achieve sustainable development of transboundary territories as a single socio-ecological system, while respecting environmental standards and landscape resilience to agricultural pressures. This approach was applied to the dry steppe landscapes of the Russian-Kazakh transboundary area. It was found that 75% of the study area is occupied by low-stable landscapes; unstable to agricultural impacts – 17%; relatively stable – only 8% of the territory. The conservation strategy is proposed for landscapes unstable to agricultural impact and unsuitable for involvement in agricultural turnover due to their environmental, water and soil protection functions. The adaptation strategy is developed for landscapes with low stability, which should be used as farmland with a high proportion of perennial grasses and natural fodder by carrying out the necessary agricultural and recreational works. The development strategy with a grain-fallow soil protection system is most suitable for relatively stable landscapes. These strategies make it possible to find a compromise between the intensive use of dryland farmland and its conservation, and to apply uniform management tools in cross-border areas.

Keywords: dry steppe landscapes, agricultural impact, sustainable land use, land use strategy, Russian-Kazakh transboundary area, land degradation

REFERENCES

- Abd El-Aziz S.H. Evaluation of land suitability for main irrigated crops in the North-Western Region of Libya. *Eurasian J. Soil Sci.*, 2018, vol. 7, no. 1, pp. 73–86.
- Almenar J.B., Rugani B., Geneletti D., Brewer T. Integration of ecosystem services into a conceptual spatial planning framework based on a landscape ecology perspective. *Landsc. Ecol.*, 2018, vol. 33, pp. 2047–2059.
- Baikalova T.V., Karpova L.A., Morkovkin G.G., Solon'ko E.V. The study of the current ecological and economic condition of rural areas of the foothill areas of the Altai Krai to solve the problems of sustainable development. *Vestn. Altai. Gos. Agr. Univ.*, 2016, vol. 145, no. 11, pp. 82–91. (In Russ.).
- Bennett D.E., Gosnell H. Integrating multiple perspectives on payments for ecosystem services through a social-ecological systems framework. *Ecol. Econ.*, 2015, vol. 116, pp. 172–181.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.04.019>
- Campagna M., Cesare E., Matta A., Serra M. Bridging the Gap Between Strategic Environmental Assessment and Planning: A Geodesign Perspective. *Int. J. E-Plan. Res.*, 2018, vol. 7, no. 1, pp. 34–52.
<https://doi.org/10.4018/IJEPR.2018010103>
- Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiiskoi Federatsii za 2021 god* [Report on Climate Features in the Territory of the Russian Federation for 2021]. Moscow, 2022. 104 p.
- Gu Y., Deal B. Coupling systems thinking and geodesign processes in land-use modelling, design, and planning. *J. Dig. Landsc. Arch.*, 2018, no. 3, pp. 51–59.
- Hamilton S., Doll J.E., Robertson G.P. *The ecology of agricultural landscapes: Long-term research on the road to sustainability*. New York: Oxford Univ. Press, 2015.
- Izrael Yu.A. *Ekologiya i kontrol' sostoyaniya prirodnoi sredy* [Ecology and Control of Natural Environment]. Moscow: Gidrometeoizdat Publ., 1984. 560 p.
- IPCC. *Climate Change and Land*. IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems. WMO, UNEP, 2019.
- Karimi S., Bagherzadeh A., Ebrahimi H. Parametric approach to land evaluation for irrigation methods using GIS model at Jolgen-Rokh plain, Iran. *Indian J. Fundam. Appl. Life Sci.*, 2015, vol. 5, no. 1, pp. 3699–3703.
- Krasnoyarova B.A., Orlova I.V., Plutalova T.G., Sharabarina S.N. Landscape-Ecological Assessment of Dry Lands of the Russian-Kazakhstan Border Zone for Sustainable Land Use. *Arid Ecosyst.*, 2019, vol. 9, no. 3, pp. 150–156.
<https://doi.org/10.1134/S2079096119030065>
- Kuderin A., Skorintseva I., Bassova T., Krylova V., Krasnoyarova B. Landscape planning of the Kazaly irrigation array of southern Kazakhstan. *Eur. J. Geogr.*, 2019, vol. 10, no. 1, pp. 37–49.
- Kust G., Andreeva O., Cowie A. Land Degradation Neutrality: Concept development, practical applications and assessment. *J. Environ. Manage.*, 2017, vol. 195, no. 1, pp. 16–24.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.043>

- Landshaftnaya karta SSSR. Masshtab 1:2500000* [Landscape Map of the USSR. Scale 1:2500000]. Minest. Geol. SSSR, 1980.
- Levykin S.V., Chibilev A.A., Kochurov B.I., Kazachkov G.V. Toward a strategy for the conservation and restoration of steppes and environmental management in the post-virgin space. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2020, no. 4, pp. 626–636. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S2587556620040093>
- Li S., Zhao X., Pu J., Miao P., Wang Q., Tan K. Optimize and control territorial spatial functional areas to improve the ecological stability and total environment in karst areas of Southwest China. *Land Use Policy*, 2021, vol. 100, art. 104940.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104940>
- Mohamed E.S., Saleh A.M., Belal A.A. Sustainability indicators for agricultural land-use based on GIS spatial modeling in North of Sinai-Egypt. *Egypt. J. Remote. Sens. Space Sci.*, 2014, vol. 17, no. 1, pp. 1–15.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2014.05.001>
- Odum Yu. *Ekologiya: v 2 tomakh* [Ecology: In 2 Volumes]. Moscow: Mir Publ., 1986.
- Orlova I.V. *Landshaftno-agroekologicheskoe planirovanie territorii munitsipal'nogo raiona* [Landscape and Agro-Ecological Planning of the Municipal District Territory]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2014. 254 p.
- Ozgeldinova Zh.O., Mukaev Zh.T., Ospan G.T. Assessment of the stability potential of geosystems in conditions of anthropogenic impacts (on the example of the Sarysu River basin). *Gidromet. Ekol.*, 2020, vol. 98, no. 3, pp. 19–33. (In Russ.).
- Paramonov E.G., Simonenko A.P. *Osnovy agrolesomlioratsii* [Basics of Agroforest Reclamation]. Barnaul: AGAU Publ., 2007. 224 p.
- Pearson D.M., McAlpine C.A. Landscape ecology: an integrated science for sustainability in a changing world. *Landsc. Ecol.*, 2010, vol. 25, pp. 1151–1154.
- Plan meropriyatii po realizatsii strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Altaiskogo kraya do 2035 goda* [Action Plan for the Implementation of the Strategy of Socioeconomic Development of the Altai Krai until 2035]. Barnaul, 2022. 38 p.
- Plan razvitiya Pavlodarskoi oblasti na 2021–2025 gody* [The Development Plan of the Pavlodar Region for 2021–2025]. Pavlodar, 2021.
- Plutalova T.G. Monitoring of the land use system of the transboundary territory “Kulunda” according to remote sensing data. *Izv. Altai. Otd. RGO*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 62–66. (In Russ.).
- Prostranstvennoe razvitie stepnykh i posttselinnnykh regionov Evropeiskoi Rossii. Tom 2* [Spatial Development of the Steppe and Post-Virgin Regions of European Russia. Vol. 2]. Chibilev A.A., Ed. Orenburg: IS UrO RAN, 2019. 200 p.
- Reimers N.F. *Ekologiya. Teorii, zakony, pravila, printsipy i gipotezy* [Ecology. Theories, Laws, Rules, Principles and Hypotheses]. Moscow: Rossiya molodaya Publ., 1994. 327 p.
- Rodriguez Lopez J.M., Tielbörger K., Claus C., Fröhlich C., Gramberger M., Scheffran J. A Transdisciplinary Approach to Identifying Transboundary Tipping Points in a Contentious Area: Experiences from across the Jordan River Region. *Sustain.*, 2019, vol. 11, no. 4, art. 1184.
<https://doi.org/10.3390/su11041184>
- Solly A., Berisha E., Cotella G., Janin Rivolin U. How Sustainable Are Land Use Tools? A Europe-Wide Typological Investigation. *Sustain.*, 2020, vol. 12, no. 3, art. 1257.
<https://doi.org/10.3390/su12031257>
- Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Altaiskogo kraya do 2035 goda* [Strategy of Socioeconomic Development of the Altai Krai until 2035]. Barnaul, 2019. 194 p.
- Stringer L.C., Reed M.S., Fleskens L., Thomas R.J., Le Q.B., Lala-Pritchard T. A new dryland development paradigm grounded in empirical analysis of dryland systems science. *Land Degrad. Dev.*, 2017, vol. 28, pp. 1952–1961.
<https://doi.org/10.1002/ldr.2716>
- UN Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. UN, 1994.
- Ustoichivoe upravlenie pastbishchnymi resursami dlya povysheniya blagosostoyaniya sel'skogo naseleniya i sokhraneniya ekologicheskoi tselostnosti* [Sustainable Rangeland Management for Improved Rural Livelihood and Environmental Integrity]. Almaty, 2010. 12 p.
- van Ginkel M., Sayer J., Sinclair F., et al. An integrated agro-ecosystem and livelihood systems approach for the poor and vulnerable in dry areas. *Food Secur.*, 2013, no. 5, pp. 751–767.
<https://doi.org/10.1007/s12571-013-0305-5>
- van Vliet J., Magliocca N.R., Büchner B., et al. Meta-studies in land use science: Current coverage and prospects. *AMBIO*, 2015, vol. 45, no. 1, pp. 15–28.
- Waas T., Hugé J., Block T., Wright T., Benitez-Capistros F., Verbruggen A. Sustainability assessment and indicators: tools in a decision-making strategy for sustainable development. *Sustain.*, 2014, no. 6, pp. 5512–5534.
- Zolotokrylin A.N., Cherenkova E.A. Area of Russia's arid plain lands. *Arid Ecosyst.*, 2011, no. 1, pp. 8–13.
<https://doi.org/10.1134/S2079096111010100>

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© 2024 С. В. Бадина^{1, 2, *}, А. С. Турчанинова^{1, **},
В. Л. Бабурин^{1, ***}, А. М. Минченкова^{3, ****}

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
географический факультет, Москва, Россия

²Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

³Университет Бернардо О'Хиггинса, Сантьяго, Чили

*e-mail: bad412@yandex.ru

**e-mail: alla_wave87@mail.ru

***e-mail: vbaburin@yandex.ru

****e-mail: aleksandra.minchenko@ubo.cl

Поступила в редакцию 03.05.2023 г.

После доработки 06.10.2023 г.

Принята к публикации 26.12.2023 г.

В статье предложен методический подход к количественной оценке прямого экономического ущерба от неблагоприятных и опасных природных процессов и явлений для железных дорог — элемента критически важной инфраструктуры Российской Федерации. Методика основана на нормативном подходе к оценке восстановительной стоимости железнодорожных линий, варьирующейся в зависимости от цены строительства в географических и климатических условиях конкретного региона. Результаты представлены в разрезе муниципальных образований, что позволяет лучше учитывать внутрирегиональные различия и облегчает возможность их сопоставления с параметрами, характеризующими природные опасности (наводнения, опасные склоновые и геокриологические процессы и др.). Проведенные расчеты показали, что предельная стоимость замены железнодорожных линий в случае реализации угроз природного характера для страны в целом составляет порядка 11 трлн руб. в ценах 2021 г., или примерно 8.4% от ВВП России за этот год. На первые по величине предельного размера вероятного ущерба 10 регионов — Иркутскую, Амурскую, Свердловскую области, Хабаровский, Забайкальский, Красноярский, Алтайский, Краснодарский, Приморский края и Республику Бурятию — приходится свыше 40% всей восстановительной стоимости. Именно в этих регионах особо актуальны меры по защите основных фондов железнодорожного транспорта. Полученные данные могут быть использованы в исследованиях природного и техногенного риска: путем их сопоставления с параметрами, характеризующими воздействие опасных природных процессов и явлений, можно прогнозировать риск и вероятные ущербы для объектов железнодорожной инфраструктуры на определенных территориях. На примере снежных лавин и деградации многолетней мерзлоты вследствие климатических изменений в Российской Арктике продемонстрированы возможности подобного рода оценок.

Ключевые слова: природные риски, экономический ущерб, железные дороги, основные фонды, критическая инфраструктура, снежные лавины, многолетняя мерзлота

DOI: 10.31857/S2587556624010028, **EDN:** GLOZFW

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Проблематика прогнозирования экономических ущербов от природных и техногенных опасностей является актуальным направлением научных исследований во всем мире, поскольку

в XX–XXI вв. весьма устойчиво проявляется тренд к повышению количества природных катастроф и величины негативных последствий от их воздействия (Осипов, 2001; Порфирьев, 2015). На это влияют не столько объективные природно-климатические трансформации, сколько повышение

плотности населения и его экономической деятельности в районах, наиболее опасных с точки зрения уровня природного риска¹.

Важнейшими экономическими инструментами снижения риска стихийных бедствий являются прямые инвестиции, направленные на защитные превентивные мероприятия (в том числе дополнительные капитальные и текущие затраты на усиление надежности объектов, проектируемых и эксплуатируемых в зонах активного действия природных опасностей) и страхование. Последний инструмент по ряду причин, к сожалению, еще не получил должного развития в России. Например, по данным Global Risks Report 2023², за последние 20 лет страхование покрыло только 7% экономических потерь от наводнений в развивающихся странах и 31% — в странах с развитой экономикой. При этом оба этих механизма экономического регулирования природного риска могут быть эффективными лишь при условии их опоры на достоверные научные прогнозы величины ожидаемого ущерба и интегрального уровня риска. Вместе с тем методические подходы к оценке ущербов и риска в настоящее время не унифицированы и сложно воспроизводимы (Badina and Pankratov, 2021). Поэтому научный поиск в данной области имеет большое практическое значение.

Железные дороги являются объектами критической инфраструктуры (Murray and Grubestic, 2007), поэтому нарушение их функционирования, вызванное, в частности, чрезвычайными ситуациями природного характера, может негативно влиять на устойчивость функционирования крупных территориальных социально-экономических систем самого разного уровня (от локальных до глобальных, в случае, например, нарушения логистических цепочек транспортировки важных экспортных грузов).

В современных российских исследованиях, связанных с оценкой вероятных ущербов для железных дорог от воздействия различных природных опасностей, серьезные трудности связаны с отсутствием необходимой статистической информации в открытом доступе. Например, в работах (Порфирьев, Елисеев, 2023; Badina, 2021) предлагается подход к оценке недвижимой части основных фондов по видам экономической деятельности в соответствии с ОКВЭД в сильно укрупненном формате — для всей отрасли “Транспортировка и хранение”, что не позволяет выделить из этой суммы ущерба, связанные с линейными объектами железнодорожной инфраструктуры. В связи с этим представляется

необходимым более детально и подробно остановиться на методических аспектах прогнозирования прямого экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций природного характера для железнодорожных линий.

ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках данного исследования природный риск понимается как сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятных событий. Наиболее общим показателем риска считается математическое ожидание (среднее значение) ущерба от опасного события за определенный период времени (Мягков, 1995; Порфирьев, 2011; Природные ..., 2002):

$$R = Q\Delta t w,$$

где $Q(\Delta t)$ — вероятность реализации природной опасности (наводнения, опасных склоновых или геокриологических процессов и др.), повлекшей за собой ущерб за интервал времени t ; w — величина ущерба.

Оценка величин потенциальных ущербов помогает грамотно и своевременно распределять инвестиции на защитные мероприятия с целью предотвращения или сокращения ущербов (в первую очередь речь идет о мероприятиях по инженерно-технической защите железнодорожной инфраструктуры) в пределах наиболее уязвимых участков. В качестве наиболее широко распространенных природных опасностей, влекущих за собой прямые экономические ущербы для железнодорожной инфраструктуры в России, можно выделить наводнения, опасные склоновые процессы (например, снежные лавины, оползни, обвалы и селевые потоки) и опасные геокриологические явления (например, термокарст, пучение грунтов, солифлюкция, наледи). С учетом ключевых геофизических характеристик этих явлений и специфики их воздействия на основные фонды (Бабурин, Бадина, 2015; Anisimov and Reneva, 2006) принято целесообразным в первую очередь оценить вероятные прямые ущербы для линейной инфраструктуры (железнодорожных линий). Вероятность разрушения и необходимости полной замены (т.е. среднегодовой риск) для других наиболее дорогих элементов железнодорожной инфраструктуры (мостовых переходов, тоннелей и пр.) существенно ниже, поэтому они не рассмотрены в данной работе. Кроме того, они, несомненно, требуют рассмотрения в более крупном масштабе

¹ World Urbanization Prospects. The 2018 Revision. NY: United Nations, 2019. 103 p. <https://population.un.org/wup/publications/Files/WUP2018-Report.pdf> (дата обращения 03.03.2023).

² Global Risks Report 2023. Switzerland: World Economic Forum, 2023. 98 p. <https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2023/> (дата обращения 03.03.2023).

с лучшим учетом локальных условий, что нельзя реализовать на заданном в данном исследовании общестрановом масштабе.

В качестве территориального уровня для оценки вероятных ущербов был выбран уровень муниципальных образований. Он позволяет лучше учесть внутрирегиональную дифференциацию физико-географических условий и характеризующих их параметров (Badina, 2021). Всего в рамках исследования были рассмотрены 1112 муниципальных образований 79 регионов Российской Федерации, имеющих железнодорожное сообщение.

Для оценки предельных величин стоимости замещения железнодорожных линий (как принятого в данном исследовании индикаторе вероятных ущербов) в разрезе муниципальных образований на первом этапе была оцифрована актуальная карта железных дорог Российской Федерации. Рассмотрены преимущественно ключевые магистральные линии. С помощью пакетов ESRI ArcGIS слой с сеткой муниципальных образований был наложен на слой с железными дорогами, затем, с использованием соответствующих программных инструментов, была рассчитана их протяженность в границах каждого муниципалитета.

В основу дальнейших расчетов был заложен нормативный подход. Для расчета искомого показателя стоимости полной замены железнодорожных путей в случае реализации угрозы природного характера была адаптирована методика, разработанная Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации – “Укрупненные нормативы цены строительства. НЦС 81-02-07-2021. Сборник № 07. Железные дороги”³. Норматив цены строительства (далее – НЦС) представляет собой показатель потребности в денежных средствах, необходимых для возведения объектов железнодорожного транспорта, рассчитанный на установленную единицу измерения (в данном случае – 1 км железнодорожной линии). Показатели НЦС рассчитаны на основе ресурсных моделей в уровне цен по состоянию на 1 января 2021 г., соответственно, результаты оценки ущербов также даны в ценах 2021 г.

НЦС учитывает исчерпывающий круг издержек: затраты на оплату труда рабочих и эксплуатацию строительных машин, стоимость строительных материальных ресурсов и оборудования, а также стоимость их транспортировки, накладные расходы и сметную прибыль, затраты на строительство временных зданий и сооружений, дополнительные затраты при осуществлении строительно-монтажных работ в зимнее время, затраты на проектно-изыскатель-

ские работы и экспертизу проекта, строительный контроль, резерв средств на непредвиденные работы и затраты.

Показатели НЦС на устройство железнодорожных линий дифференцированы в зависимости от категории железнодорожной линии, категории местности по рельефу. В столь мелком масштабе исследования не представляется возможным принять во внимание некоторые второстепенные характеристики, например, группы грунтов и различных условий отсыпки земляного полотна.

В расчетах для прогнозирования ущербов были приняты следующие допущения:

1) рассматривалась стоимость строительства новой однопутной железнодорожной линии на автономной тяге;

2) рассматривались магистральные железнодорожные линии II категории, т.е. линии, обеспечивающие скорости движения поездов до 160 км/ч, с расчетной годовой приведенной грузонапряженностью (брутто в грузовом направлении), на десятый год эксплуатации равной 15–30 млн т · км/км в год.

Экспертным методом были определены преобладающие в рамках каждого региона категории местности по рельефу (учитывались, соответственно, лишь части территории, где непосредственно проложены железнодорожные линии): I – незначительно пересеченная местность с широкими водоразделами и пологими склонами (НЦС равен 149244.38 тыс. руб. на 1 км линии); II – пересеченная местность со склонами, изрезанными балками и оврагами, или частично заболоченная местность (НЦС – 177032.38 тыс. руб. на 1 км линии); III – сильно пересеченная местность с извилистыми водоразделами и значительными уклонами или сильно заболоченная местность (НЦС – 224623.33 тыс. руб. на 1 км линии); IV – горная местность с узкими ущельями и большой крутизной склонов или глубокие болота (НЦС – 296714.30 тыс. руб. на 1 км линии).

Методикой предусмотрено приведение показателей эталонного региона (в данном случае за него принята Московская область) к ценам и климатическим условиям каждого субъекта Российской Федерации с использованием специально разработанных для этого коэффициентов. Для некоторых крупных регионов с контрастными природными условиями (например, Красноярского края, Иркутской, Сахалинской областей и др.) предлагаются несколько коэффициентов для различных территорий, учитывающих изменение стоимости строительства, связанные с климатическими условиями.

³ 11 марта 2021 г. № 126 / пр. “Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства”.

Дополнительные удорожающие факторы применимы к районам Крайнего Севера и местностям, приравненным к ним. В данном случае используются повышающие коэффициенты для расчета НЦС, учитывающие выполнение мероприятий по снегоборьбе.

Таким образом, формула для расчета стоимости полной замены железнодорожных путей в случае реализации потенциальной угрозы природного характера ($Cost$) для каждого рассматриваемого муниципального образования (j) выглядит следующим образом:

$$Cost_j = S_i \times L_j \times Ktr_i \times Kreg_i, \quad (1)$$

где S_i — НЦС i -го региона, выбранный с учетом вышеизложенных допущений, для базового района в ценах 2021 г. (показатели НЦС приведены без учета налога на добавленную стоимость); L_j — длина железнодорожных линий в границах j -го муниципального образования;

Ktr_i — коэффициент перехода от цен базового района к уровню цен i -го региона;

$Kreg_i$ — коэффициент, учитывающий регионально-климатические условия осуществления строительства в i -ом регионе (его части) по отношению к базовому району.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве примера приведем расчет стоимости полной замены железнодорожных путей в случае реализации потенциальной угрозы природного характера для Гороховецкого района Владимирской области.

S_i — Гороховецкий район Владимирской области относится к категории местности по рельефу I, соответственно, НЦС равен 149244.38 тыс. руб. на 1 км железнодорожной линии.

L_j — эксплуатационная длина железнодорожных линий в Гороховецком районе составляет 38.3 км.

Ktr_i — коэффициент перехода от стоимостных показателей базового района (Московская область) к уровню цен Владимирской области составляет 0.89.

$Kreg_i$ — коэффициент, учитывающий изменение стоимости строительства на территории Владимирской области, связанный с регионально-климатическими условиями, составляет 1.

Таким образом, путем подставления всех параметров в формулу (1), получаем:

149244.38 тыс. руб. $\times$ 38.325 км $\times$ 0.89 $\times$ 1 = 5090 млн руб., без НДС в ценах 2021 г.

Таким же образом осуществлены вычисления для остальных 1111 муниципальных образований Российской Федерации (города федерального значения ввиду их малой площади по отноше-

нию к остальным регионам и единства природно-климатических условий в пределах их границ, рассматривались в целом, без деления на муниципалитеты).

Анализ происшествий на объектах железнодорожного транспорта Российской Федерации за период 2012–2021 гг., вызванных воздействием неблагоприятных и опасных природных процессов и явлений (по данным ежегодных Государственных докладов “О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера” и открытых информационных источников), позволил выявить ключевые пространственные закономерности распределения ущерба.

В региональном разрезе наибольшая доля ущербов и случаев чрезвычайных ситуаций природного характера предсказуемо приходится на самые сложные с точки зрения климатических и орографических условий и в то же время наиболее грузонапряженные участки сети: Северо-Кавказскую, Дальневосточную и Южно-Уральскую железные дороги. Как показало проведенное исследование, для этих территорий вместе с тем характерны и наивысшие удельные издержки на восстановление и замену железнодорожных линий. Крупнейшая катастрофа за указанный период произошла вследствие обширного паводка в Краснодарском крае в 2012 г. и повлекла за собой разрушение мостовых сооружений, пути и земельного полотна на участке Крымская — Новороссийск Северо-Кавказской железной дороги. Общий ущерб для железнодорожной инфраструктуры оценен в 1.4 млрд руб. в ценах 2012 г. Комплекс опасных гидрометеорологических явлений также стал причиной второго по размеру ущерба (0.7 млрд руб. в ценах 2017 г.) происшествия за рассматриваемый период, произошедшего в Приморском крае в 2017 г. на участке Дальневосточной железной дороги недалеко от Владивостока.

Переходя непосредственно к обсуждению результатов оценки предельной стоимости замены железнодорожных линий в случае реализации угроз природного характера в разрезе муниципальных образований регионов Российской Федерации (рис. 1), необходимо отметить, что совокупная расчетная величина данного показателя для страны в целом составила порядка 11 трлн руб. в ценах 2021 г., или примерно 8.4% от ВВП России за этот год. Полученное значение в целом соотносится с данными официальной статистики. Согласно данным Росстата, *полная учетная стоимость* всех сооружений транспорта в России составляет 41 трлн руб., из них порядка 11 трлн — сооружения сухопутного и трубопроводного транспорта (на 2022 г.), т.е. включают в себя и железные дороги. В годовом отчете РЖД за 2021 г.

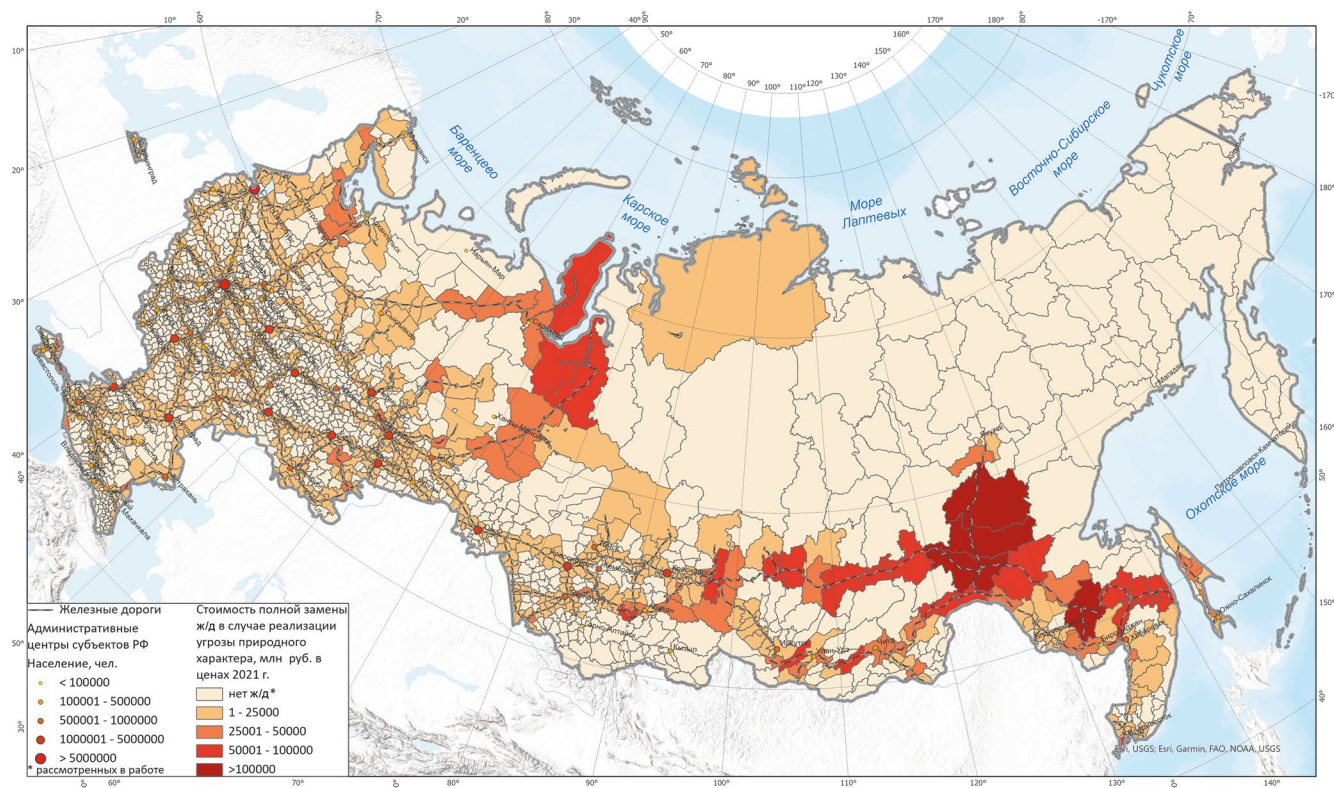


Рис. 1. Предельная стоимость замены железнодорожных линий в случае реализации угроз природного характера в разрезе муниципальных образований Российской Федерации (в ценах 2021 г.).

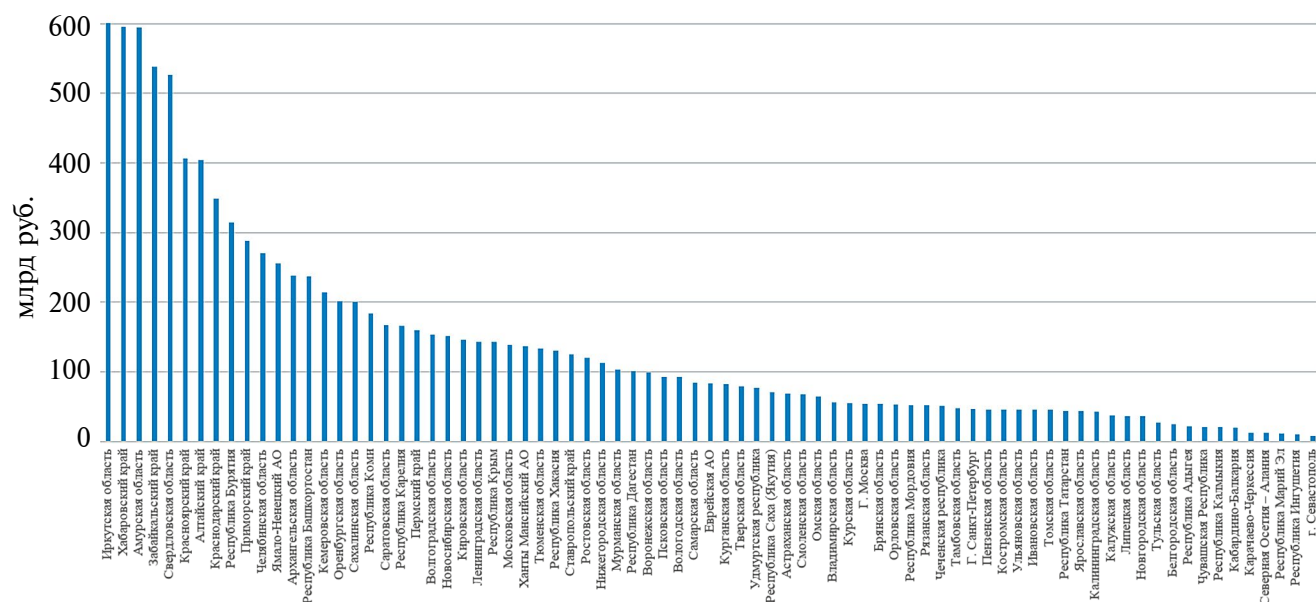


Рис. 2. Предельная стоимость замены железнодорожных линий в случае реализации угроз природного характера в разрезе регионов Российской Федерации (в ценах 2021 г.).

указывается балансовая стоимость основных фондов, имеющих отношение к железнодорожным путям, в размере порядка 4 трлн рублей. Таким образом, оцененная восстановительная стоимость (стоимость замещающего нового строительства)

данной части основных фондов в современных ценах представляется вполне корректной.

В региональном разрезе (рис. 2) на первые по величине предельного размера вероятного ущерба 10 регионов приходится

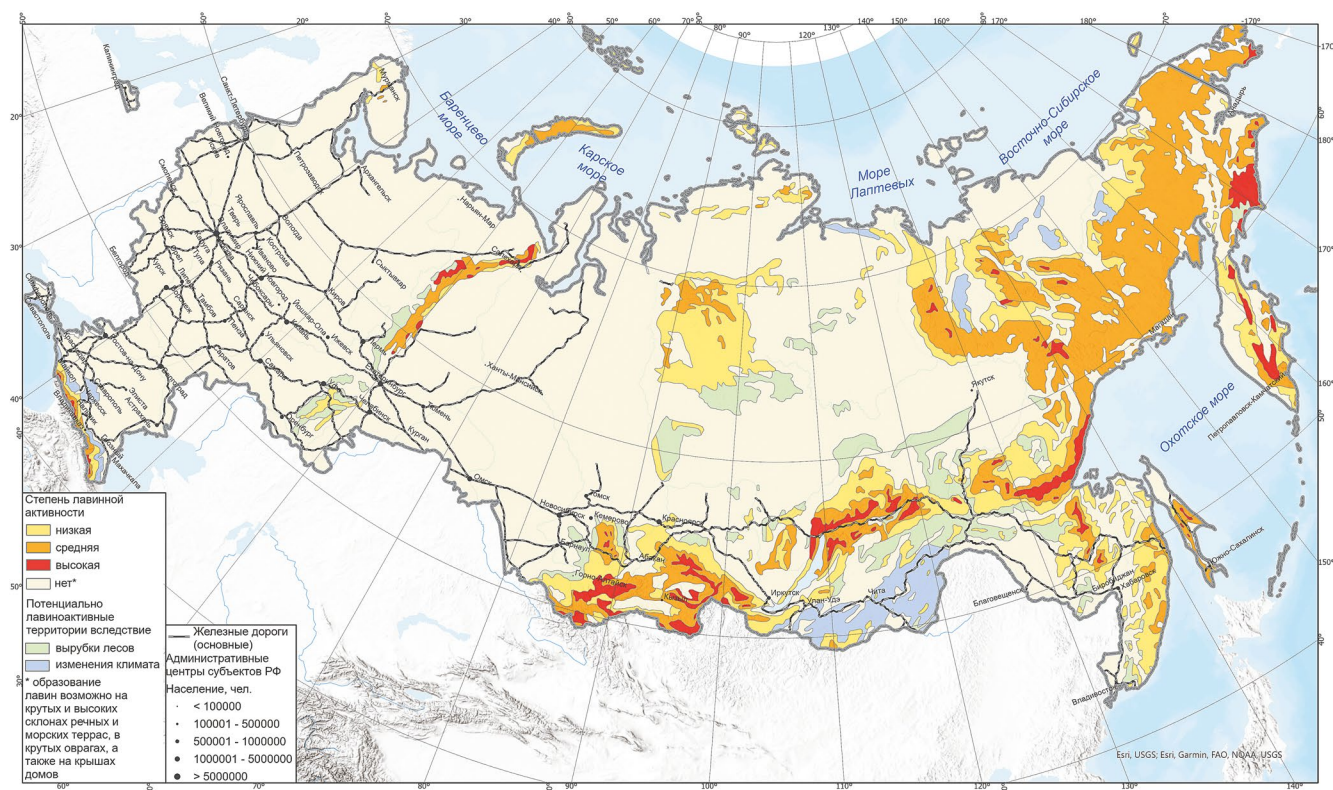


Рис. 3. Железные дороги Российской Федерации в ареалах лавинной активности.

свыше 40% всей восстановительной стоимости: Иркутская область — 602.4 млрд руб., Хабаровский край — 595.5 млрд руб., Амурская область — 594.4 млрд руб., Забайкальский край — 538.2 млрд руб., Свердловская область — 526.8 млрд руб., Красноярский край — 406.8 млрд руб., Алтайский край — 404.3 млрд руб., Краснодарский край — 348.5 млрд руб., Республика Бурятия — 314.1 млрд руб., Приморский край — 287.7 млрд руб. Следовательно, именно эти регионы требуют особого внимания в плане мер по защите основных фондов железнодорожного транспорта. Вместе с тем большинство из этих субъектов являются и одними из наиболее подверженных рассматриваемому кругу природных опасностей (наводнениям, опасным склоновым процессам, а регионы, находящиеся в пределах криолитозоны, — еще и геокриологическим опасностям)⁴. Кроме того, некоторые из них принадлежат к сейсмически опасным районам, что требует еще более детальных оценок вероятного ущерба для зданий и сооружений железнодорожного транспорта.

Особое положение среди регионов занимают города федерального значения за счет высокой густоты железнодорожных линий. Например,

для Москвы оценочное значение рассматриваемого показателя превышает 27 млрд руб.

К муниципальным образованиям, обладающим наивысшей расчетной восстановительной стоимостью железнодорожных линий, относятся крупные по площади и протяженности с запада на восток дальневосточные районы прохождения Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей: Тындинский район Амурской области (197.5 млрд руб.), Верхнебуреинский район Хабаровского края (180 млрд руб.) и др. В Западной Сибири выделяются Ямальский, Надымский и Пуровский районы Ямало-Ненецкого автономного округа (свыше 55 млрд руб. каждый), на Урале — узловой Карталинский район Челябинской области (41 млрд руб.). В европейской части России значения стоимости замены железнодорожных линий на муниципальном уровне существенно ниже, одними из наибольших значений отличаются Плещеевский и Онежский районы Архангельской области (36 и 34 млрд руб. соответственно).

В качестве примера того, как полученные численные результаты могут быть интегрированы с данными о вышеупомянутых природных опасностях в целях исследования риска, приведем опасность снежных лавин. Рассмотрение

⁴ См.: Национальный атлас России. Т. 2. «Природа. Экология». <https://xn--80aaaa1bhncclcc1cl5c4ep.xn--p1ai/cd2/territory.html> (дата обращения 03.03.2023).

Таблица 1. Предельный вероятный экономический ущерб для железнодорожных линий от воздействия снежных лавин на территории Российской Федерации

Регион	1	2	3
Алтайский край	75.4	20344	5
Амурская область	981.9	231707	34
Еврейская автономная область	32.8	7431	6
Забайкальский край	1431.0	407091	60
Иркутская область	370.2	105321	15
Кемеровская область	161.8	45095	10
Краснодарский край	169.6	42908	8
Красноярский край	246.8	53682	12
Мурманская область	16.8	5286	2
Оренбургская область	23.5	4382	2
Пермский край	67.6	13371	4
Приморский край	190.0	57496	12
Республика Башкортостан	266.0	67885	18
Республика Бурятия	597.9	168300	49
Республика Коми	13.2	1950	1
Республика Крым	33.9	9848	5
Республика Саха (Якутия)	496.6	167045	52
Республика Хакасия	318.6	88783	48
Сахалинская область	233.8	66570	28
Свердловская область	41.5	11433	1
Ставропольский край	179.6	44316	19
Хабаровский край	581.9	186662	27
Челябинская область	136.2	35556	8
Ямало-Ненецкий автономный округ	62.0	10002	13
Всего:	6728.5	1852463.6	8

Примечания. 1 — длина лавиноопасного участка, км; 2 — восстановительная стоимость железнодорожных линий на лавиноопасном участке, в ценах 2021 г., млн руб.; 3 — доля подверженных лавинной опасности железнодорожных линий от общей их протяженности в регионе, %.

лавинной активности является весьма значимой для исследования, в том числе потому, что она имеет тренд к территориальной экспансии вследствие антропогенного воздействия и климатических изменений (Сократов и др., 2013). Для этих целей из Атласа снежно-ледовых ресурсов мира (Атлас ..., 1997) были взяты ареалы, характеризующиеся разной степенью лавинной активности, и на них была нанесена сеть железнодорожных линий (рис. 3). По вышеизложенной методике была измерена протяженность, а затем восстановительная стоимость железнодорожных линий, проходящих по территориям лавинной активности: высокой, средней и низкой, а также в ареалах потенциально лавиноактивных территорий вследствие вырубки лесов и климатических изменений. Обобщенные результаты представлены в табл. 1.

Согласно проведенным расчетам, совокупная предельная восстановительная стоимость железнодорожных путей на лавиноопасных территориях составила 1.85 трлн руб., из них на участках с высокой степенью лавинной опас-

ности — 33.1 млрд руб., средней — 368.9 млрд руб., низкой — 524.8 млрд руб., потенциальной — 925.6 млрд руб. Это в целом подтверждает, что при строительстве железнодорожной инфраструктуры стараются избегать наиболее опасных участков. В региональном разрезе восстановительная стоимость железнодорожных линий в ареалах лавинной активности максимальна для пяти регионов, на которые в совокупности приходится 63% от общестранового значения. К ним относятся Забайкальский край (407 млрд руб., или 22% от суммарного по всем регионам России показателя), Амурская область (232 млрд руб., или 13%), Хабаровский край (187 млрд руб., или 10%), Республики Бурятия и Саха (Якутия) (по 168 млрд руб., или 9% каждая).

Наиболее уязвимые участки железнодорожных линий, расположенные в зонах с наивысшей степенью лавинной опасности, представлены в табл. 2. Они локализованы в Республике Бурятии, Иркутской области, Забайкальском крае, Ямало-Ненецком автономном округе

Таблица 2. Предельный вероятный экономический ущерб для железнодорожных линий в ареалах с высокой степенью лавинной активности

Муниципальное образование	Регион	1	2	3	4
Казачинско-Ленский район	Иркутская область	144.4	28.2	20	8024.9
Каларский район	Забайкальский край	276.4	27.5	10	7821.7
Нерюнгринский улус	Республика Саха (Якутия)	312.0	18.1	6	6102.8
Приуральский район	Ямало-Ненецкий автономный округ	71.9	19.2	27	3099.7
Северо-Байкальский район	Республика Бурятия	292.7	28.8	10	8098.3

Примечания. 1 — общая протяженность железнодорожных линий в пределах муниципального образования, км; 2 — длина участка железнодорожных линий в зоне высокой лавинной активности, км; 3 — доля участка железнодорожных линий в зоне высокой лавинной активности от общей протяженности железнодорожных линий в пределах муниципального образования, %; 4 — предельная восстановительная стоимость железнодорожных линий на лавиноопасном участке, млн руб.

и в Республике Саха (Якутии). Именно для этих участков первостепенно необходимы дальнейшие детальные более крупномасштабные исследования, которые потребуют взаимодействия с профильными специалистами физико-географами, как, например, было реализовано в исследовании (Бабурин и др., 2019) на примере другого опасного склонового процесса — селевых потоков. Интегрирование полученных в рамках данного исследования результатов в прогнозы лавинной опасности с учетом анализа качества проведения противолавинной защиты позволит осуществить непосредственно оценку лавинного риска для железнодорожных линий, перейти от предельных величин потенциального ущерба к конкретным величинам, зависящим от различных сценариев.

Другим направлением применения полученных данных может быть прогнозирование геокриологических рисков для железнодорожной инфраструктуры путем взаимодействия со специалистами геокриологами, например (Гребенец, Исаков, 2016). Приведем пример оценки предельной величины вероятного ущерба для железнодорожных линий от деградации многолетней мерзлоты вследствие климатических изменений, интегрировав полученные данные в прогноз геокриологических рисков до 2050 г., выполненный в предыдущей работе одного из авторов в составе коллектива для всей совокупности зданий и сооружений криолитозоны Российской Арктики. Подробное описание методики прогноза и полученных результатов представлено в (Melnikov et al., 2022).

В результате проведенных расчетов было установлено, что при умеренном сценарии потепления максимальный ущерб для железнодорожных линий может составить: в Воркуте — 32 млрд руб., Лабытнанги — 3.8 млрд руб., Норильске — 13 млрд руб., Ямальском районе — 61.8 млрд руб., Приуральском районе — 41.5 млрд руб., Пуровском районе — 84.3 млрд руб., Надымском районе — 55.9 млрд руб., Ноябрьске — 3.1 млрд руб., Новом Уренгое — 5.4 млрд руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном исследовании впервые для территории Российской Федерации с высокой степенью детализации представлена оценка восстановительной стоимости железнодорожных линий в разрезе муниципальных образований. Полученные данные могут быть использованы в исследованиях природного и техногенного риска: путем их сопоставления с параметрами, характеризующими воздействие опасных природных процессов и явлений можно прогнозировать риски и вероятные ущербы для объектов железнодорожной инфраструктуры на разных территориях. В свою очередь, на основании этих прогнозов могут быть сформированы планы мероприятий по снижению уровня риска. Это открывает широкие возможности в сфере проведения междисциплинарных исследований на стыке физической и социально-экономической географии, повышения интеграции двух ключевых направлений географической науки.

Основное преимущество предлагаемой методики экономической оценки природных рисков для железнодорожной инфраструктуры заключается в общестрановом охвате, получении сопоставимых результатов для всех регионов страны. Благодаря этому появляется возможность выявления межрегиональной и внутрирегиональной дифференциации в уровне вероятных ущербов, определения конкретных территорий (муниципальных образований), требующих более детальных крупномасштабных исследований.

При этом заявленный масштаб исследования наряду с вышеизложенными преимуществами накладывает ряд существенных ограничений. Прежде всего они связаны с тем, что разработанная методика позволяет оценить лишь минимальные возможные ущербы (без учета всего многообразия объектов железнодорожной инфраструктуры, которые могут быть подвергнуты воздействию природной опасности). Кроме того, масштаб исследования предполагал использование усред-

ненных и унифицированных параметров, без учета некоторых значимых характеристик, влияющих на стоимость строительства (электрификации линий, грунтовых условий и пр.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас снежно-ледовых ресурсов мира / под ред. В.М. Котлякова. М.: Институт географии РАН, НПП “Картография”, 1997. Т. I. 392 с.
- Бабурин В.Л., Бадина С.В. Оценка социально-экономического потенциала территории, подверженной неблагоприятным и опасным природным явлениям // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5: География. 2015. № 5. С. 9–16.
- Бабурин В.Л., Бадина С.В., Деркачева А.А., Сократов С.А., Хисматуллин Т.И., Шнытарков А.Л. Оценка селевого риска в экономических показателях на примере Сибирского федерального округа // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5: География. 2019. № 4. С. 3–14.
- Гребенец В.И., Исаков В.А. Деформации автомобильных и железных дорог на участке Норильск – Талнах и методы борьбы с ними // Криосфера Земли. 2016. Т. 20. № 2. С. 69–77.
- Мягков С.М. География природного риска. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 222 с.
- Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестн. РАН. 2001. Т. 71. № 4. С. 291–302.
- Порфирьев Б.Н. Природа и экономика: риски взаимодействия. (Эколого-экономические очерки) / под ред. В.В. Ивантера. М.: Анкил, 2011. 352 с.
- Порфирьев Б.Н. Экономика природных катастроф // Мир новой экономики. 2015. № 4. С. 21–40.
- Порфирьев Б.Н., Елисеев Д.О. Интегральный подход к экономической оценке последствий деградации многолетней мерзлоты для устойчивости основных фондов в российской Арктике // Проблемы прогнозирования. 2023. № 2 (197). С. 30–43.
- Природные опасности России. Природные опасности и общество / под ред. В.А. Владимирова, Ю.Л. Воробьева, В.И. Осипова. М.: КРУК, 2002. 245 с.
- Сократов С.А., Селиверстов Ю.Г., Шнытарков А.Л., Колтерманн К.П. Антропогенное влияние на лавинную и селевую активность // Лёд и Снег. 2013. № 53 (2). С. 121–128.
- Anisimov O., Reneva S. Permafrost and changing climate: the Russian perspective // AMBIO: A J. of the Human Environment. 2006. Vol. 35 (4). P. 169–175.
- Badina S.V. Estimation of the value of buildings and structures in the context of permafrost degradation: The case of the Russian Arctic // Polar Science. 2021. Vol. 29. Art. 100730.
- Badina S.V., Pankratov A.A. The Value of Buildings and Structures for Permafrost Damage Prediction: The Case of Eastern Russian Arctic // Geography, Environment, Sustainability. 2021. Vol. 14 (4). P. 83–92.
- Critical infrastructure: Reliability and vulnerability / A.T. Murray, T. Grubestic T. (Eds.). Heidelberg: Springer Science & Business Media, 2007. 311 p.
- Melnikov V.P., Osipov V.I., Brouchkov A.V., Badina S.V., et al. Climate warming and permafrost thaw in the Russian Arctic: potential economic impacts on public infrastructure by 2050 // Natural Hazards. 2022. Vol. 112. P. 231–251.
- Rasmussen T.N. Macroeconomic Implications of Natural Disasters in the Caribbean. International Monetary Fund (IMF) // Working Paper/04/224. Washington: International Monetary Fund, 2004. 24 p. <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/001/2004/224/article-A001-en.xml> (дата обращения 03.03.2023).

Approaches to the Assessment of Economic Damage from Natural Hazards for the Railway Infrastructure (the Case of the Russian Federation)

S. V. Badina^{a, b, *}, A. S. Turchaninova^{a, **}, V. L. Baburin^{a, ***}, and A. M. Minchenkova^{c, ****}

^aLomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

^bPlekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

^cBernardo O'Higgins University, Santiago, Chile

*e-mail: bad412@yandex.ru

**e-mail: alla_wave87@mail.ru

***e-mail: vbaburin@yandex.ru

****e-mail: aleksandra.minchenko@ubo.cl

The article proposes a methodological approach to the quantitative assessment of direct economic damage from natural hazards for an element of the critical infrastructure of the Russian Federation – railways. The methodology is based on a normative approach to assessing the replacement cost of railway lines, which varies depending on the cost of construction in specific orographic and climatic conditions of a given region. The results are presented in the context of municipalities, which makes it easier to take into account intra-regional differences and to compare them with natural hazard parameters (e.g. floods, dangerous slopes, geocryological processes, etc.). The calculations showed that the marginal cost of replacing railway lines in the event of natural hazards for Russia is about RUB 11 trillion in 2021 prices, or about 8.4% of Russia's GDP for that year. In a regional context, the first 10 regions account for more than 40% of the total replacement cost, which indicates that these regions require special attention in terms of measures to protect railway assets. These include Irkutsk oblast (RUB 602.4 bln), Khabarovsk krai (595.5), Amur oblast (594.4), Zabaykalsky

krai (538.2), Sverdlovsk oblast (526.8), Krasnoyarsk krai (406.8), Altai krai (404.3), Krasnodar krai (348.5), Republic of Buryatia (314.1), Primorsky krai (287.7). The data obtained can be used in studies of natural and man-made risks: by comparing them with the parameters characterising the impact of natural hazards, it is possible to predict the risk and probable damage to railway infrastructure facilities in the given territories. Avalanches and permafrost degradation are used to demonstrate the potential of such assessments.

Keywords: natural risks, economic damage, railways, fixed assets, critical infrastructure

REFERENCES

- Anisimov O., Reneva S. Permafrost and changing climate: the Russian perspective. *AMBIO*, 2006, vol. 35, no. 4, pp. 169–175.
[https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2006\)35\[169:PACCTR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2006)35[169:PACCTR]2.0.CO;2)
- Atlas snezhno-ledovykh resursov mira. Tom I* [Atlas of Snow and Ice Resources of the World. Vol. I]. Kotlyakov V.M., Ed. Moscow: Institut geografii RAN, NPP “Kartografiya”, 1997. 392 p.
- Baburin V.L., Badina S.V. Evaluation of the socio-economic potential of natural hazard-subject territories. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2015, no. 5, pp. 9–16. (In Russ.).
- Baburin V.L., Badina S.V., Derkacheva A.A., Sokratov S.A., Khismatullin T.I., Shnyparkov A.L. Economic assessment of debris flow risk on the example of the Siberian Federal District. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2019, no. 4, pp. 3–14. (In Russ.).
- Badina S.V. Estimation of the value of buildings and structures in the context of permafrost degradation: The case of the Russian Arctic. *Polar Sci.*, 2021, vol. 29, art. 100730.
<https://doi.org/10.1016/j.polar.2021.100730>
- Badina S.V., Pankratov A.A. The Value of Buildings and Structures for Permafrost Damage Prediction: The Case of Eastern Russian Arctic. *Geogr. Environ. Sustain.*, 2021, vol. 14, no. 4, pp. 83–92.
<https://doi.org/10.24057/2071-9388-2021-058>
- Critical infrastructure: Reliability and vulnerability*. Murray A.T., Grubestic T., Eds. Heidelberg: Springer Science & Business Media, 2007. 311 p.
- Grebenets V.I., Isakov V.A. Deformations of roads and railways in the Norilsk-Talnakh section and methods of dealing with them. *Cryosph. Earth*, 2016, vol. 20, no. 2, pp. 69–77. (In Russ.).
- Melnikov V.P., Osipov V.I., Brouchkov A.V., Badina S.V., Zheleznyak M.N., Sadurtdinov M.R., Ostrakov N.A., Drozdov D.S., Osokin A.B., Sergeev D.O., Dubrovin V.A., Fedorov R.Yu. Climate warming and permafrost thaw in the Russian Arctic: potential economic impacts on public infrastructure by 2050. *Nat. Hazards*, 2022, no. 112, pp. 231–251.
<https://doi.org/10.1007/s11069-021-05179-6>
- Myagkov S.M. *Geografiya prirodnogo riska* [Geography of Natural Risk]. Moscow: Izd-vo Mosk. Univ., 1995. 222 p.
- Osipov V.I. Natural disasters at the turn of the XXI century. *Vestn. Ross. Akad. Nauk*, 2001, vol. 71, no. 4, pp. 291–302. (In Russ.).
- Porfir'iev B.N. *Priroda i ekonomika: riski vzaimodeistviya (Ekologo-ekonomicheskie ocherki)* [Nature and Economy: Risks of Interaction. (Ecological and Economic Essays)]. Ivanter V.V., Ed. Moscow: Ankil Publ., 2011. 352 p.
- Porfir'iev B.N. Economics of natural disasters. *Mir Novoi Econ.*, 2015, no. 4, pp. 21–40. (In Russ.).
- Porfir'iev B.N., Eliseev D.O. Integral approach to the economic assessment of the consequences of permafrost degradation for the sustainability of fixed assets in the Russian Arctic. *Probl. Prognoz.*, 2023, vol. 197, no. 2, pp. 30–43. (In Russ.).
<https://doi.org/10.47711/0868-6351-197-30-43>
- Prirodnye opasnosti Rossii. Prirodnye opasnosti i obshchestvo* [Natural Hazards in Russia. Natural Hazards and Society]. Vladimirova V.A., Vorob'ev Yu.L., Osipov V.I., Eds. Moscow: KRUK Publ., 2002. 245 p.
- Rasmussen T.N. *Macroeconomic Implications of Natural Disasters in the Caribbean*. Working Paper/04/224. Washington: International Monetary Fund, 2004. 24 p.
- Sokratov S.A., Seliverstov Yu.G., Shnyparkov A.L., Koltermann K.P. Anthropogenic influence on avalanche and mudflow activity. *Led Sneg*, 2013, vol. 53, no. 2, pp. 121–128. (In Russ.).
<https://doi.org/10.15356/2076-6734-2013-2-121-128>

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ СТРУКТУРЫ ВОДНОГО БАЛАНСА В ХОДЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СУКЦЕССИЙ НА ВЫРУБКАХ ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСОВ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА

© 2024 Т. А. Буренина^{1,*}, М. А. Корец^{1,**}, Ж. Р. Сулейманова^{1,***}

¹Институт леса им. В. Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук — обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН (ИЛ СО РАН), Красноярск, Россия

*e-mail: burenina@ksc.krasn.ru

**e-mail: mik@ksc.krasn.ru

***e-mail: janetta_syleiman@mail.ru

Поступила в редакцию 11.12.2022 г.

После доработки 11.09.2023 г.

Принята к публикации 26.12.2023 г.

В статье обсуждаются особенности трансформации структуры водного баланса в темных хвойных лесах Енисейского кряжа, нарушенных рубками. Рассматривается динамика эвапотранспирации с учетом лесовосстановительных сукцессий на вырубленных участках. На основе спутниковых данных (MOD16A2) было проанализировано изменение параметров эвапотранспирации с учетом нарушений лесного покрова на водосборе. На фоне ее общей зависимости от метеорологических параметров показано, что на бассейновом уровне вариация суммарного испарения зависит от аккумулирующего эффекта нарушенности лесного покрова. Ранжирование площадей вырубок с учетом восстановительно-возрастной динамики лесного покрова позволило оценить вклад различных стадий восстановительного процесса в суммарное испарение в бассейне р. Сухой Пит и выявить, как влияет соотношение площадей свежих вырубок к площадям уже облесившихся лесосек на величину суммарного испарения. Исследования показали, что если вырубается менее 2% лесов от всей площади водосбора, тогда рубки вызывают незначительные изменения в величине суммарного испарения и речного стока.

Ключевые слова: речной бассейн, водный баланс, осадки, эвапотранспирация, сток, вырубки, лесовосстановление, сукцессии, Landsat, спутниковые данные MOD16A

DOI: 10.31857/S2587556624010031, **EDN:** GLMOQK

ВВЕДЕНИЕ

Подход к лесопользованию с позиций поддержания и восполнения водных ресурсов на реках Средней Сибири ориентируется на изучение последствий рубок на гидрологический режим территории. Удаление лесного полога в результате рубки сказывается на трансформации гидрологического режима, и, прежде всего, на соотношении основных элементов водного баланса — суммарного испарения и стока. Если данные по стоку для некоторых рек доступны благодаря регулярным наблюдениям на гидропостах гидрометеорологической сети, то данные по суммарному испарению представлены фрагментарными натурными исследованиями на лесных водосборах (Антипов, Антипова, 1984; Буренина, 1982; Лебедев, 1982; Молчанов, 1960; Раунер, 1972; Федоров, 1979, 1981; Bosch and Hewlett, 1982; Turner, 1991) или основаны на расчетных мето-

дах и эмпирических зависимостях (Будаговский, 1964; Будыко, 1956; Карпечко, Мясникова, 2014). В Советском Союзе большое внимание уделялось исследованию данных натурных наблюдений, но при этом многие исследователи отмечали большую трудоемкость прямого измерения суммарного испарения и невозможность экстраполяции полученных данных на большие территории.

Из расчетных методов наиболее часто используемый — метод водного баланса, который применялся при наличии данных сетевых наблюдений за атмосферными осадками и речным стоком. Широкое распространение получили расчетные схемы М.И. Будыко (1956), А.И. Будаговского (1964), Х.Л. Пенмана (1968). Они основаны на теории турбулентной диффузии и теплового баланса подстилающей территории. Одной из наиболее распространенных моделей для изучения суммарного испарения благодаря удобству расчета и легкости получения необходимых

метеорологических данных является Формула Пенмана-Монтейта, которую многие исследователи модифицируют с учетом факторов, влияющих на процесс эвапотранспирации (Yang, 2007; Zhang et al., 2016).

Некоторые модели, такие как SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) (Bastiaanssen et al., 1998) и METRIC (Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration) (Allen et al., 2007), определяют энергетический баланс на земной поверхности с использованием спутниковых снимков. Это позволяет рассчитывать как фактическую, так и потенциальную эвапотранспирацию на пиксельной основе. SEBAL и METRIC могут отображать эти ключевые индикаторы во времени и пространстве, по дням, неделям или годам. С появлением спектрометра среднего пространственного разрешения MODIS космическое агентство США NASA для оценки эвапотранспирации использует метод Пенмана-Монтейта (Monteith, 1965), учитывающий климатические характеристики исследуемой территории, типы подстилающей поверхности, а также разнообразие растительного покрова (Расулова, 2021; Mu, 2007, 2011).

Как показали исследования (Лебедев, 1982; Побединский, 1976; Федоров, 1979, 1981; Bates and Henry, 1928; Hibbert, 1967 и др.), в результате масштабных рубок на водосборах резко меняется структура водного баланса, но по мере восстановления лесной растительности на вырубках соотношение эвапотранспирации и стока постоянно меняется в зависимости от направленности лесовосстановительного процесса. На основе комплексного анализа изменения структуры лесов после рубки и динамики элементов водного баланса за несколько десятилетий, выполненного для лесной зоны Европейской территории СССР, О.И. Крестовский (1984) установил, что восстановление водного режима территории до рубки леса и, соответственно, водности рек произойдет не раньше чем через 50 лет.

Настоящая статья посвящена изучению динамики расходных составляющих водного баланса, связанных с лесовосстановительными сукцессиями после проведения лесозаготовок.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в бассейне р. Сухой Пит (рис. 1), которая является левым притоком р. Большой Пит, принадлежащей к бассейну р. Енисей. Сухой Пит протяженностью 156 км и площадью бассейна 1262 км² формирует свой сток на западном склоне Енисейского кряжа, который, несмотря на его незначительную высоту, является орографическим барьером на пути господствующего переноса влагонесущих воздушных масс и существенно влияет на рас-

пределение осадков в регионе. С повышением местности над уровнем моря количество осадков увеличивается. По данным метеорологических станций Усть-Пит и Северо-Енисейск, на наветренных склонах кряжа выпадает от 540 мм до 1002 мм осадков в год. На восточных склонах (метеостанции Южно-Енисейск и Раздолинск) количество осадков уменьшается и составляет 406–490 мм (<http://meteo.ru/it/178-aisori>). По лесорастительному районированию изучаемая территория относится к Приенисейской провинции, округу темнохвойных и темнохвойно-лиственничных лесов (Кутафьев, 1970). Преобладают темнохвойные леса, представленные пихтовыми насаждениями, спелые и перестойные VI–VIII классов возраста и низкой продуктивности (III–IV классов бонитета). Сомкнутость полога 0.7–0.9. Запас древесины не превышает 200–250 м³/га. Подлесок представлен рябиной, черемухой, красной смородиной, подрост куртинный – из пихты, осины и березы. В живом напочвенном покрове преобладает кислица, майник, звездчатка Бунге. Зеленые мхи образуют сплошной покров (90%). Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 40–60%, средняя высота 10 см. Подстилка рыхлая, толщиной до 6 см. Почва сильно оподзоленная, влажная, суглинистая, средней мощности. За последние десятилетия в результате хозяйственного использования лесов лесной покров исследуемого района претерпел значительную антропогенную трансформацию (Лапшина и др., 1971).

Территория водосбора р. Сухой Пит была определена при помощи функций гидрологического анализа (ESRI ArcGIS 10 Spatial Analysis) на основе цифровой модели рельефа (SRTM 1 Arc-Second Global). Динамика площадей вырубок для водосбора определялась по данным спутниковой съемки Landsat TM/ETM/OLI из открытых архивов USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov>) за период 2001–2020 гг. При этом для погодичной агрегации вырубок использовался продукт Global Forest Change (<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1244693>). Изображения Landsat, отобранные для территории водосбора, дешифрировались последовательным применением методов сегментации Multiresolution Segmentation (Trimble Cognition Developer 8) и неуправляемой классификации Isoclaster (ESRI ArcGIS 10) с последующим уточнением классов по методу Maximum Likelihood Classification (ESRI ArcGIS 10). Выделенные классы вырубок для каждой спутниковой сцены идентифицировались, датировались и дополнялись на основе данных Global Forest Change.

Для выделения классов вырубок были привлечены данные лесоводственных исследований 2011 г., полученные в результате полевых исследований. Пробные площади, где проводились

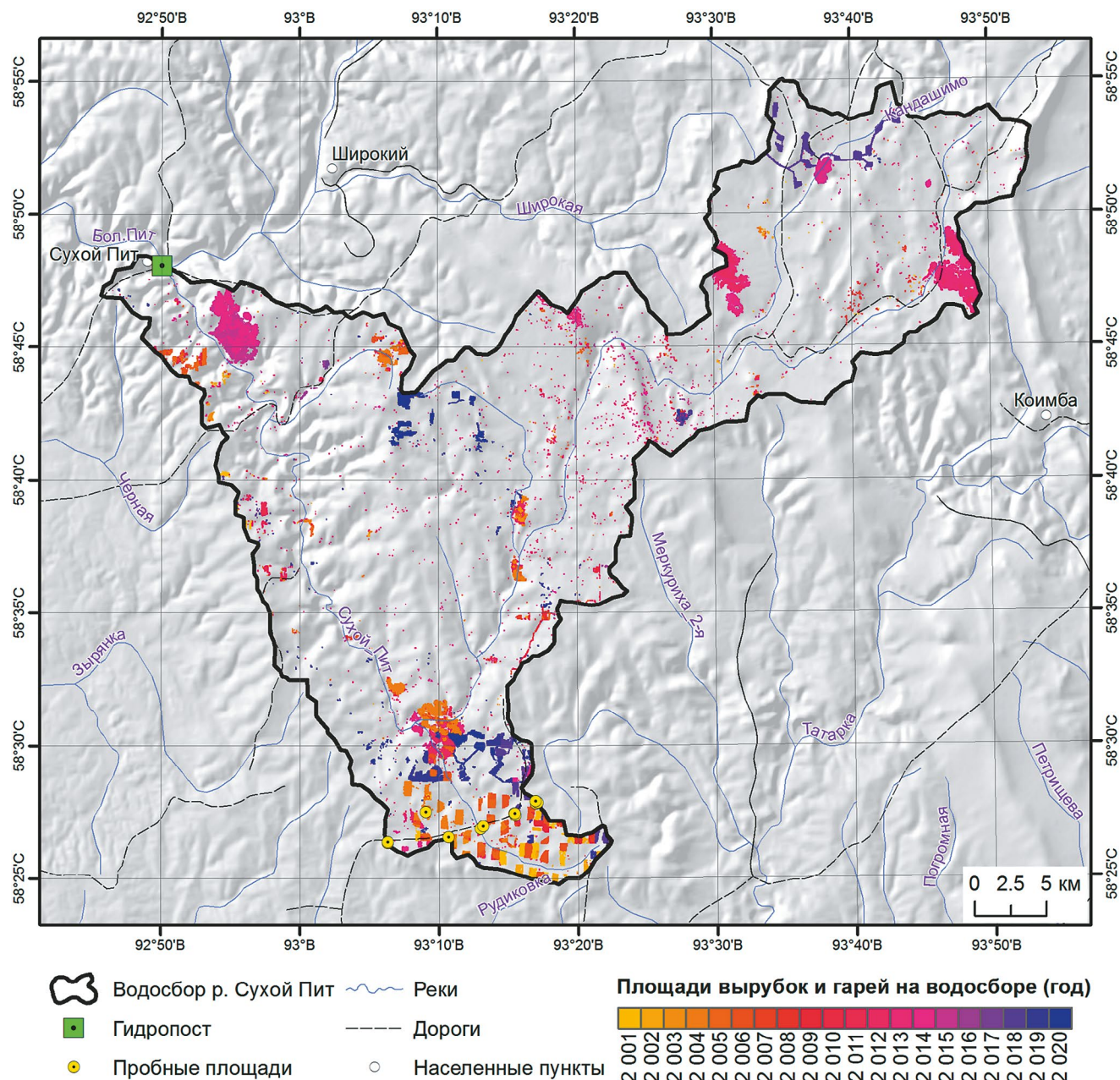


Рис. 1. Участки, нарушенные вырубками и пожарами на водосборе р. Сухой Пит за период 2001–2020 гг.

обследования состояния лесовозобновления на вырубках, находятся на арендных территориях Лесосибирского ЛДК № 1, где Институтом леса ведется мониторинг за процессом лесовосстановления на площадях, нарушенных рубкой леса. Бассейн Сухого Пита вследствие небольшой площади и незначительных перепадов высоты характеризуется относительно однородными лесорастительными условиями и, соответственно, растительным покровом.

Коренные насаждения представлены формациями темнохвойных лесов, в которых доминантное положение принадлежит пихте. Классы бонитета IV–III, группы типов леса зеленомошная и разнотравная. Объекты натурных исследо-

ваний являются репрезентативными для всего бассейна Сухого Пита и представлены различными стадиями лесовосстановительных сукцессий после проведенных здесь рубок.

В работе были использованы данные многолетних наблюдений за стоком и осадками по гидрологическом посту Сухой Пит (<http://www.textual.ru/gvr/>). Данные по испарению по месяцам были получены по спутниковым данным MODIS – эвапотранспирация с шагом агрегации 8 дней (продукт MOD16A2 – пространственное разрешение 500 м/пикс., <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod16.php>). Также были использованы данные по индексу листовой поверхности на основе Terra MODIS (MOD15A2H,

500 м/пикс., <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod15a2hsv006/>). Значения среднемесячной температуры воздуха (TMP) и суммарных месячных осадков (PRE) были взяты нами из пространственной растровой базы данных CRU TS 4.01 (разрешение 0.5 ~ 50 км/пикс., https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru_ts_4.01/).

Нами использовался продукт MODIS Global Terrestrial Evapotranspiration (ET) Product (MOD16A2/A3) рассчитанный на основе спутниковых данных MODIS по алгоритму Year-end Gap-filled (MOD16A2GF/A3GF) NASA Earth Observing System MODIS Land Algorithm (https://lpdaac.usgs.gov/documents/931/MOD16_User_Guide_V61.pdf). Приведенный метод расчета данных ET основан на уравнении Пенмана–Монтейта (Monteith, 1965):

$$ET = (\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p (\delta e) g_a) / ((\Delta + \gamma(1 + g_a/g_s))L_v),$$

где ET — объем эвапотранспирированной воды (мм с⁻¹); Δ — скорость изменения удельной влажности насыщения с температурой воздуха (Па К⁻¹); R_n — чистая освещенность (Вт м⁻²), внешний источник потока энергии; G — тепловой поток почвы (Вт м⁻²); c_p — удельная теплоемкость воздуха (Дж кг⁻¹ К⁻¹); ρ_a — плотность сухого воздуха (кг м⁻³); δe — дефицит давления пара (Па); g_a — проводимость воздуха, проводимость атмосферы (м с⁻¹); g_s — проводимость stomы, поверхностная или устьичная проводимость (м с⁻¹); γ — психрометрическая константа ($\gamma \approx 66$ Па К⁻¹).

Алгоритм расчета параметров уравнения подробно описан в документации продуктов MOD16A2GF/A3GF и включает параметры, определяемые дистанционно (по данным съемки MODIS), такие как индекс листовой поверхности (LAI), альbedo и тип земной поверхности, а также данные о температуре и влажности воздуха. В расчетах мы использовали набор изображений. MOD16A2 — (суммарную) за 8 дней эвапотранспирацию (ET, мм) с пространственным разрешением 500 × 500 м в пикселе.

Средневзвешенные по суммарной площади пикселей тестовых участков значения эвапотранспирации, индекса листовой поверхности, осадков и температура воздуха были рассчитаны для трех участков: объединенных полигонов вырубок за период 2001–2020 гг.; фонового полигона внутри водосбора (без нарушений) и для всего водосбора целиком. При этом 8-дневные значения эвапотранспирации суммировались для каждого года по трем диапазонам дат: 17 мая — 14 сентября (летний период), 8 февраля — 30 марта (зимний период) и для всего года в целом. Интервалы дат были выбраны с учетом наличия данных в архивах продуктов MOD16A2

и MOD15A2H. Все указанные выше растровые данные приводились к единой картографической проекции (WGS 1984 UTM Zone 46N) с разрешением растровой сетки 500 м/пикс. Внутри трех тестовых полигонов (1 — вырубки, 2 — ненарушенный фон, 3 — весь водосбор) рассчитывалось среднее значение величин ET и LAI (8-дневный шаг дат), а также TMP и PRE (месячный шаг дат) из диапазона 2001–2020 гг. Сформированные временные ряды значений ET, LAI, TMP и PRE (для полигонов 1, 2 и 3) использовались далее для определения среднегодовых, сезонных значений (летний и зимний периоды) и сравнительного статистического анализа. Для оценки уровня связи между показателями использовался коэффициент корреляции Пирсона при уровне значимости $p < 0.05$ (5%).

Обработка и анализ данных выполнялись с использованием процедур открытого сервиса Google Earth Engine и функций зональной статистики пакета ESRI ArcGIS 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Значительные площади лесов в бассейне р. Сухой Пит, пройденные рубками в конце прошлого и начале этого века, в настоящее время представляют мозаику лесовосстановительного процесса. Согласно исследованиям, процесс лесовосстановления на вырубках пихтовых насаждений происходит по двум направлениям: со сменой пород на лиственные леса и темнохвойному варианту, когда сохраненный подрост пихты формирует темнохвойные насаждения. Как показали результаты мониторинга, динамический тренд лесовосстановления направлен к формированию структуры исходных типов леса через стадии травяно-кустарниковых сообществ и производных насаждений. В зависимости от варианта лесовосстановительного процесса изменяются не только доминанты травяно-кустарникового покрова и подрост (табл. 1), но и запасы фитомассы производных фитоценозов.

Проведение снегомерных съемок на объектах мониторинга в течение нескольких лет позволили проследить динамику формирования снежного покрова на вырубках в пространственном и временном аспектах, а также рассчитать испарение со снежного покрова на вырубках с учетом стадии лесовосстановления (Burenina et al., 2017). Испарение со снега на вырубках текущего года варьирует от 12 до 34 мм в зависимости от экспозиции склона, по мере зарастания вырубок оно уменьшается, но в пихтовых жердняках отмечается некоторое повышение испарения со снега за счет перехваченных осадков сомкнувшимся пологом древостоя.

Из наших работ и публикаций других авторов (Лебедев, 1982; Fu, 1981; Morton, 1983, 1984)

Таблица 1. Характеристика мониторинговых объектов ИЛ СО РАН, использованных в работе (данные на 2011 г.)

Тип растительных сообществ	Лесоводственно-таксационные характеристики				Подрост		Травяно-кустарниковый ярус	Координаты
	Состав	Возраст древостоя, лет	Полнота	Высота, м	Диаметр, см	Состав	Густота, шт./га	
Трехлетняя вырубка вейниково-разнотравная	–	–	–	–	–	–	–	58°27'49 93°16'59
Трехлетняя вырубка – кипрейно-вейниковый малинник	–	–	–	–	–	–	–	58°27'51 93°17'61
Семилетняя гарь кипрейно-малинниковая (по вырубке)	–	–	–	–	–	8Ос2Б, ед. К, П	9750	58°27'22 93°15'31
Вырубки								
Березняк малинниково- кипрейно-вейниковый	5Б5Ос	8	0.3	0.5	1.2	9Б1П, ед. К, Е	35500	58°26'52 93°13'10
Пихтарник с березой чернично-разнотравный	5П5Б	10	0.3	0.5	1.5	–	–	58°26'58 93°13'01
Березняк вейниковый с красной смородиной	10Б+Ос, Е, П	13	0.7	1.8	1.7	4П3Б2Ос1Е	7800	58°26'33 93°10'42
Молодняки								
Березняк с осиной разнотравный	8Б2П	23	0.3	2.0	1.6	8П2Б	6300	58°26'21 93°16'19
	7П3Б	30	0.8	6.4	5.6	–	–	58°26'23 93°06'18
Жердняки								
Пихтарник чернично- зеленомошный	10П	120	0.8	19.5	17.8	–	–	58°27'26 93°15'28
Пихтарник вейниково- мелкотравный	10П+Ос+Б	100	0.9	18.0	17.0	–	–	58°27'54 93°16'57
Контроль								

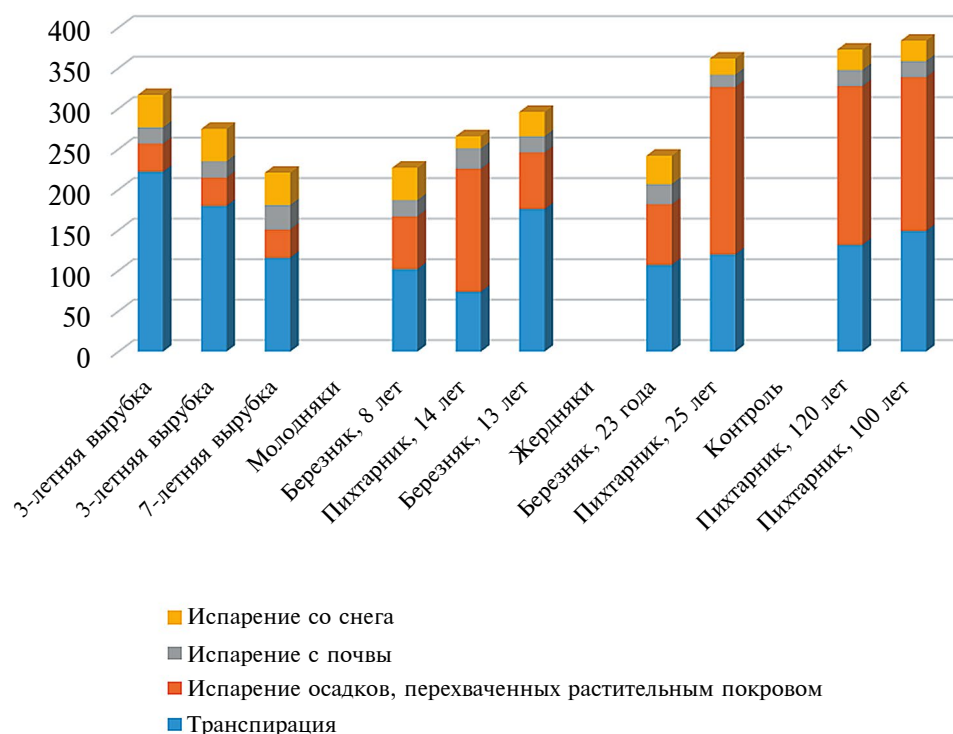


Рис. 2. Изменение компонентов суммарного испарения в процессе лесовосстановления на мониторинговых вырубках.

известно, что основной расход влаги на испарение растительным покровом происходит за счет транспирации и испарения осадков, задержанных растительным пологом. С использованием зависимости расхода влаги на транспирацию и испарение задержанных осадков от лесоводственно-биометрических параметров (Грибов, 1997; Лебедев, 1982; Онучин, 2001; Onuchin and Burenina, 2008) были рассчитаны составляющие суммарного испарения на исследуемых вырубках. Для расчетов использовались литературные данные по интенсивности транспирации древесных пород и травяно-кустарникового яруса (Бейдеман, 1983), а также фондовые материалы лаборатории техногенных лесных экосистем Института леса СО РАН по запасам фитомассы травяно-кустарниковой растительности и листвы и хвои древесного яруса.

Располагая расчетными данными по эвапотранспирации, мы проанализировали структуру суммарного испарения в зависимости от сукцессий растительного покрова на вырубках темной хвойных лесов Енисейского края (рис. 2). Снижение суммарного испарения от 3-летних рубок до 13–14-летних лесных молодняков связано с уменьшением транспирации и незначительным задержанием атмосферных осадков древостоем. Переход от травянисто-кустарниковой стадии на вырубке в стадию молодняков ведет к уменьшению запасов транспирирующей фитомассы (Буренина, 1982; Burenina et al., 2021). Значительные различия суммарного испарения между 23-летним березняком и 25-летним

пихтарником — это результат того, что хвойные древостои задерживают не только жидкие, но и твердые атмосферные осадки. Полученные данные характеризуют локальные условия лесорастительных условий и не всегда могут быть использованы для оценки суммарного испарения на бассейновом уровне. Для анализа динамики эвапотранспирации по стадиям лесовосстановления на бассейновом уровне использованы спутниковые данные Terra (MOD16A2).

Эвапотранспирация, полученная по спутниковым данным MODIS, характеризуется значительной изменчивостью по годам, как для нетронутых рубками территорий, так и для рубок. Это прежде всего связано с временной вариабельностью климатических показателей (табл. 2).

Модель расчета эвапотранспирации (MOD16A2) использует климатические данные глобальных архивов и поэтому может быть успешно использована на среднемасштабном пространственном уровне для установления динамических связей между испарением и площадью нарушенных рубками лесов. Для оценки качества продукта MOD16A2 нами была проанализирована связь эвапотранспирации, полученной по MODIS, с температурой воздуха и осадками с метеостанции Усть-Пит и гидрологического поста Сухой Пит.

Для того чтобы понять, насколько общие модели применимы на региональном и локальном уровнях, мы оценили связь между годовой эвапотранспирацией и среднегодовой температурой

Таблица 2. Эвапотранспирация на вырубках и фоновой территории за вегетационный сезон (15.05–15.09)

Год	Эвапотранспирация, мм		Средняя температура, °С	Сумма осадков, мм
	условный фон	вырубки		
2001			12.9	302
2002	164.4	163.1	13.6	311
2003	187.2	188.4	13.2	288
2004	191.3	189.9	13.3	216
2005	187.1	185.1	12.5	302
2006	195.2	194.4	13.2	317
2007	186.1	189.0	12.7	221
2008	185.6	189.8	12.3	323
2009	182.2	187.5	12.3	313
2010	180.3	187.6	12.0	321
2011	177.4	185.4	11.5	332
2012	186.3	194.5	12.8	322
2013	180.8	193.2	13.5	228
2014	172.7	177.5	11.9	364
2015	178.6	182.6	11.9	352
2016	196.3	208.9	13.2	359
2017	194.9	197.7	13.2	265
2018	196.6	203.6	12.6	350
2019	195.6	201.3	12.6	256
2020	188.8	203.8	13.4	276

воздуха, годовой суммой осадков (несмещенная и с опережением эвапотранспирации на 1 и 2 года) и накопленной площадью вырубок на территории водосбора р. Сухой Пит за период 2001–2020 гг. (длина выборки $n = 20$ лет). В табл. 3 приведены значения коэффициентов корреляции Пирсона (R) для ET и указанных характеристик, отобранных по уровню значимости $p < 0.05$ (5%).

Тесная корреляция существует между эвапотранспирацией и среднегодовой температурой воздуха. Что касается суммы годовых осадков, то максимальное значение коэффициента корреляции характерно для суммы годовых осадков с опережением эвапотранспирации на 1 год. Это подтверждает вывод, что максимумы суммарного испарения проявляются через год после максимальных значений годовых осадков.

Сравнение межгодовой вариабельности эвапотранспирации с климатическими характеристиками по вегетационным сезонам показало,

что максимальный уровень эвапотранспирации наблюдается в годы с оптимальным сочетанием температуры воздуха и осадков. В годы с осадками менее 300 мм и температурой воздуха выше 12.5°C наблюдается максимальное испарение как на фоновых участках водосбора р. Сухой Пит, так и на вырубках. При величине осадков более 300 мм даже при температуре воздуха 13.0°–13.9°C наблюдается снижение суммарного испарения. Минимальные значения эвапотранспирации характерны в годы с максимальными значениями осадков (более 350 мм) и температурой воздуха менее 12°C (см. табл. 2).

Принимая во внимание, что на эвапотранспирацию в значительной степени оказывают влияние метеорологические факторы, мы проанализировали связь изменения эвапотранспирации по годам с общей нарушенностью лесного покрова в бассейне Сухого Пита и вырубками текущего года.

Таблица 3. Оценка уровня корреляции годовой эвапотранспирации (ET) с основными метеорологическими характеристиками и площадью вырубок на водосборе р. Сухой Пит за период 2001–2020 гг.

Характеристика водосбора	Коэффициент корреляции (R)	Уровень значимости (p)
Среднегодовая температура воздуха	0.62	0.003
Сумма годовых осадков (несмещенная)	0.36	0.05
Сумма годовых осадков (с опережением ET на 1 год)	0.82	0.00004
Сумма годовых осадков (с опережением ET на 2 года)	0.44	0.04
Накопленная с 2000 г. площадь вырубок	0.71	0.0002

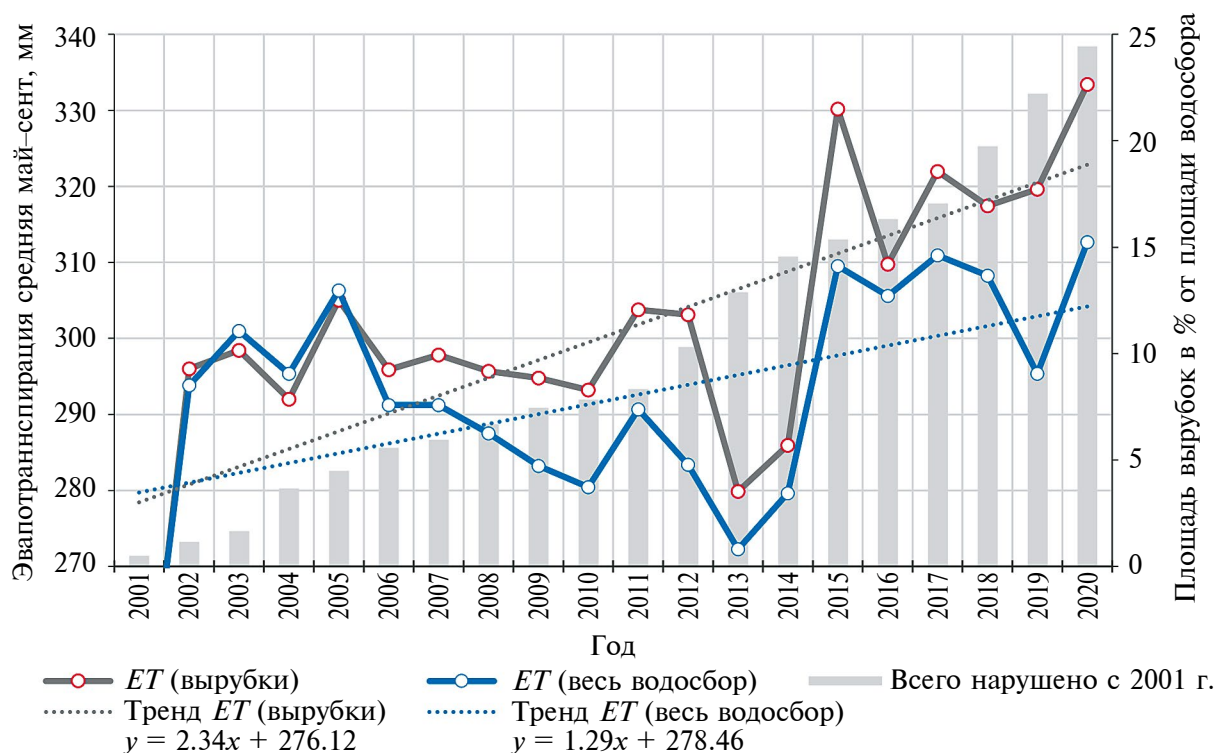


Рис. 3. Динамика летней эвапотранспирации (ET) для вырубок и водосбора р. Сухой Пит.

Как следует из материалов диаграммы (рис. 3), эвапотранспирация на вырубках и в целом по бассейну, несмотря на различия в абсолютных величинах, изменяется синхронно, что соответствует вариабельности метеорологических условий по годам. Но при этом до 2005 г. средневзвешенные значения эвапотранспирации на вырубках и в целом по бассейну практически не различаются. С 2009 г. на вырубленных участках эвапотранспирация увеличилась на 10–20 мм по сравнению с ее средневзвешенными значениями в бассейне и на фоновых участках. Эти данные значительно расходятся с результатами расчетов, выполненных для наших мониторинговых объектов. Объяснить это можно как использованием при расчетах средних многолетних показателей, так и тем, что контрольные пробные площади характеризуют коренные древостои региона, тогда как фон и водосбор в целом — это совокупность различных категорий насаждений и других природных комплексов. Эвапотранспирация этих участков — это интегральная оценка (средневзвешенная) для данной территории в отличие от точечных данных, каковыми являются конкретные пробные площади.

Согласно данным рис. 3 на временном отрезке 2001–2020 гг. эвапотранспирация на вырубленных участках и на водосборе в целом имеет тенденцию к увеличению. На водосборе суммарное испарение увеличилось на 22 мм, что можно объяснить устойчивым годовым приростом сред-

негодовой температуры воздуха для этого региона (Корец и др., 2020). Но более интенсивный прирост эвапотранспирации на вырубленных участках (40 мм за 20 лет) при тех же климатических условиях, скорее всего, связан с особенностями лесовосстановления, т.е. с ростом суммарного испарения на сукцессионных стадиях.

В бассейне р. Сухой Пит вырубки проводились неравномерно от 0.4 до 3% от площади водосбора в год. Максимальные площади были пройдены рубками в 2011–2012 и 2018–2020 гг. На рис. 4 показано, как в бассейне р. Сухой Пит менялось соотношение различных возрастных послерубочных категорий. Даже в годы, когда отмечались максимальные рубки на водосборе, преобладали площади, вырубленные пять лет назад, что могло внести определенный вклад в формирование суммарного испарения.

Изменение летней эвапотранспирации по годам с учетом дифференциации вырубок по возрастным категориям показало, что максимальные значения эвапотранспирации приурочены к максимальным площадям вырубок 5-летнего возраста, но в 2018–2020 гг. отмечается снижение суммарного испарения, возможно связанное с увеличением площадей молодняков и жердняков на месте вырубок предыдущих лет. Более высокий расход влаги в летний период на 5-летних вырубках (травяно-кустарниковая стадия) по сравнению с другими производными фитоценозами вполне обоснован их высокой продуктивностью и высо-

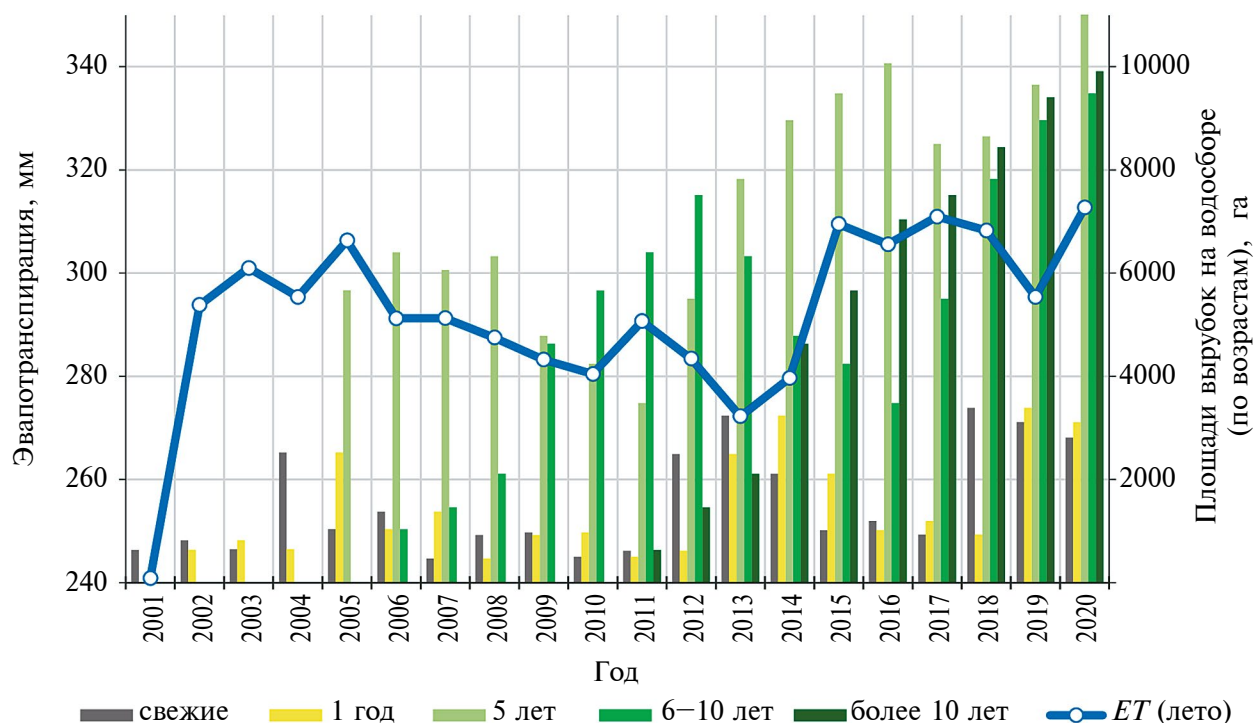


Рис. 4. Динамика площадей вырубок различной давности и летней эвапотранспирации (ET) для территории водосбора р. Сухой Пит.

кими показателями транспирации произрастающих здесь видов растений (Буренина и др., 2021).

В целом на водосборе величина эвапотранспирации будет зависеть как от общей площади нарушений лесного покрова, так и от соотношения площадей, вырубленных в разные годы, т.е. стадий восстановительной сукцессии.

Констатируя, что вырубка леса и последующие стадии лесовосстановления вносят определенный вклад в суммарное испарение в бассейне р. Сухой Пит, определенный интерес представляет вопрос, в какой степени это отражается на речном стоке.

Анализ динамики стока р. Сухой Пит с учетом изменения площадей свежих вырубок показал, что наиболее значительные пики подъема воды в реке приурочены не к годам проведения наиболее масштабных рубок, а являются результатом, когда 2–3 года подряд вырубаются значительные площади (2004–2006 гг.), т.е. на увеличении стока отражается аккумулирующий эффект нарушенности земель на водосборе (рис. 5). Резкий скачок модуля стока с 2012–2014 гг. связан как с аномальными погодными условиями (в 2010–2011 и 2013 гг. выпало на 50% больше нормы осадков, а в 2014 г. почти в два раза больше среднееголетней величины), так и с тем, что в 2012–2013 гг. ежегодно вырубалось более 2% от площади водосбора.

Из вышесказанного следует, что при ежегодно вырубаемой площади лесов менее 2% от

площади водосбора лесные рубки вызывают незначительные изменения в величине суммарного испарения и, соответственно, речного стока. Следует отметить, что большее влияние на гидрологический режим промышленных лесозаготовок проявляется в аномальные годы: если годовая сумма осадков превышает среднюю многолетнюю норму на 50–60%, уже при вырубке 2–2.5% от площади водосбора отмечается увеличение годового стока до 30% с высоким уровнем воды в реке в половодье и летние паводки. При этом следует принимать во внимание факт, что при накоплении вырубленных площадей в сочетании с экстремальными осадками на небольших водосборах можно ожидать катастрофических наводнений. В ряде публикаций (Sun et al., 2006; Wang, 2008; Wei et al., 2003) утверждается, что переход лесных земель в результате рубок или пожаров в травяные сообщества приводит к возникновению пиков паводков на локальном уровне, но не являются главной причиной высоких половодий. Из выводов, сделанных Центром Международных лесных исследований (FAO, 2006) на основе обобщения данных многолетних наблюдений, следует, что леса не могут предотвращать катастрофические наводнения, вызванные метеорологическими явлениями. Отдельные гидрологи (Vertessy and Bessard, 1999; Zhang et al., 2001, 2012) придерживаются концепции, что лесистость водосборов является более значимым фактором, чем метеорологические параметры.

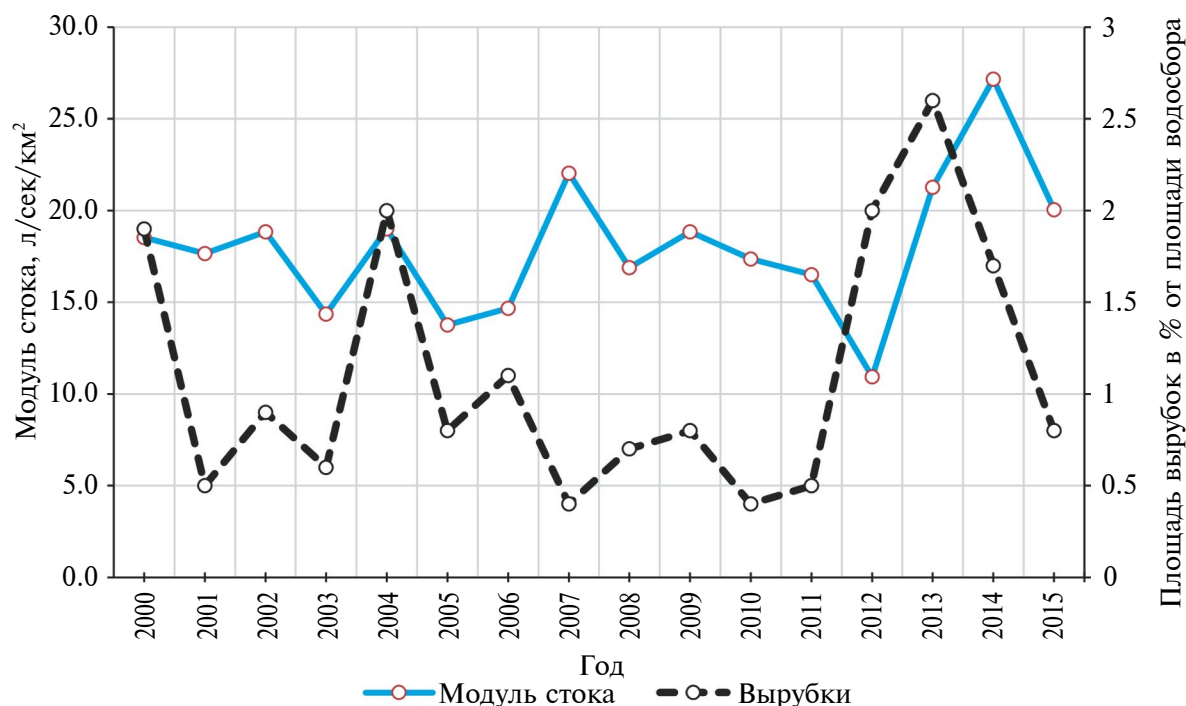


Рис. 5. Динамика площади вырубок на водосборе и модуля стока р. Сухой Пит.

По результатам исследований водный режим р. Сухой Пит определяется суммарным увлажнением территории, т.е. формирование стока прежде всего обязано климату. Как показал анализ изменения структуры водного баланса, несмотря на некоторое повышение эвапотранспирации на водосборе, сток растет тоже. Это связано со значительным увеличением годовых осадков в бассейне реки. При этом нарушение лесного покрова рубками оказывает значительный эффект на суммарное испарение и речной сток, особенно в годы с аномальными метеорологическими условиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, оценка испарения с поверхности суши по данным дистанционного зондирования Земли (продукт MOD16A2) может быть использована при воднобалансовых расчетах в различных по масштабам водосборных бассейнах, особенно при отсутствии базы данных по стоку, а также при экологической экспертизе последствий нарушения лесов на водосборе в результате воздействия природных и антропогенных факторов. Анализ динамики показателей эвапотранспирации, полученных с использованием спутниковых данных MODIS для бассейна р. Сухой Пит, позволил констатировать, что на бассейновом уровне вариация эвапотранспирации по годам в первую очередь связана с изменчивостью температуры воздуха и осадков в сочетании с динамикой свежих вы-

рубков и уже облесившихся лесосек. Ранжирование площадей вырубок с учетом восстановительно-возрастной динамики растительного покрова позволило оценить вклад различных стадий восстановительных сукцессий в суммарное испарение в бассейне р. Сухой Пит и показать, как соотношение площадей свежих вырубок с площадями уже облесившихся лесосек отражается на величине суммарного испарения. Сравнение трендов эвапотранспирации на фоновых участках бассейна и площадях, нарушенных рубками, показывает, что на изменение испарения на водосборе влияют не только климатические характеристики, но и устойчивый тренд увеличения площадей молодняков и жердняков на месте вырубок конца XX и начала XXI в. Результаты исследований показали, что при поддержании оптимальной лесистости и выполнении технологии рубки с соблюдением сроков примыкания и площадью ежегодной рубки не более 2% от площади водосбора возможно поддержание стабильности гидрологического режима на малых и средних реках Сибири с учетом климатических трендов, зафиксированных на данный момент.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке базового проекта ИЛ СО РАН “Теоретические основы сохранения экологического и ресурсного потенциала лесов Сибири в условиях возрастающего антропогенного пресса и климатических аномалий”, № AAAA-A17-117101940014-9

(0356-2019-0027) и гранта РФФИ “Исследование особенностей гидрологического цикла в речных бассейнах таежной зоны Средней Сибири при усилении антропогенного пресса на лесные экосистемы в условиях меняющегося климата” № 20-05-00095.

FUNDING

This work was supported by the basic project of the Institute of forest Siberian Branch of RAS “Theoretical Foundations of Preserving the Ecological and Resource Potential of Siberian Forests under the Conditions of Increasing Anthropogenic Press and Climate Anomalies,” no. AAAA-A17-117101940014-9 (0356-2019-0027) and RFBR grant “Study of the features of the hydrological cycle in the river basins of the taiga zone of Central Siberia with increased anthropogenic pressure on forest ecosystems in a changing climate” no. 20-05-00095.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антипов А.Н., Антипова Н.Д. Оценка транспирации растительности таежных геосистем // География и природ. ресурсы. 1984. № 4. С. 115–124.
- Бейдеман И.Н. Справочник по расходу воды растениями в природных зонах СССР. Новосибирск: Наука Сиб. отд., 1983. 257 с.
- Будаговский А.И. Испарение почвенной влаги. М.: Наука, 1964. 244 с.
- Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности. Л.: Гидрометеиздат, 1956. 255 с.
- Буренина Т.А. Динамика восстановления лесогидрологических условий на экспериментальной вырубке Западного Саяна // Средообразующая роль лесных экосистем Сибири / отв. ред. В.В. Протопопов. Красноярск: Изд-во ИЛИД СО АН СССР, 1982. С. 106–114.
- Буренина Т.А., Мусохранова А.В., Сулейманова Ж.Р. Динамика структуры водного баланса в ходе лесовосстановительных сукцессий на вырубках в темнохвойных лесах Енисейского края // Управление лесными экосистемами в условиях изменения климата: матер. Международной науч.-практич. конф., посвященной 105-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Петра Алексеевича Гана. Бишкек, 2021. С. 88–92.
- Грибов А.И. Средообразующая роль лесных экосистем юга Средней Сибири. Абакан: Хакасский гос. ун-т им. Н.Ф. Катанова, 1997. 160 с.
- Карпечко Ю.В., Мясникова Н.А. Оценка изменения элементов водного баланса в первый год после рубок в таежной зоне Европейского Севера России // Ученые записки Рос. гос. гидрометеорологического ун-та. 2014. Вып. 33. С. 31–44.
- Корец М.А., Прокушкин А.С., Буренина Т.А. Пространственно-временные тенденции изменения средних показателей температуры воздуха и количества осадков в бассейне Среднего Енисея (зона тайги) на основе данных Climatic Research Unit (CRU TS V. 3.22): матер. III Всерос. науч.-практич. конф. “Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России”. Иркутск, 2020.
- Крестовский О.И. Влияние вырубок и восстановления лесов на водность рек подзон южной и средней тайги ЕТС // Водные ресурсы. 1984. № 5. С. 125–135.
- Кутафьев В.П. Лесорастительное районирование Средней Сибири // Вопросы лесоведения. Красноярск: Изд-во ИЛИД СО АН СССР, 1970. Т. 1. С. 165–179.
- Лапшина Е.И., Горбачев В.Н., Храмов А.А. Растительность и почвы Енисейского края (Южной части) // Растительность правобережья Енисея / под ред. А.В. Куминовой. Новосибирск: Наука, 1971. С. 21–66.
- Лебедев А.В. Гидрологическая роль горных лесов Сибири. Новосибирск: Наука СО, 1982. 182 с.
- Молчанов А.А. Гидрологическая роль леса. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 487 с.
- Онуцин А.А. Общие закономерности снегонакопления в бореальных лесах // Изв. РАН. Сер. геогр. 2001. № 2. С. 80–86.
- Пенман Х.Л. Растение и влага. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 161 с.
- Побединский А.В. Изменение защитной и водорегулирующей роли леса под влиянием рубок // Вопросы географии. 1976. Вып. 102. С. 169–179.
- Расулова А.М. Расчет эвапотранспирации на территории бассейна Ладожского озера // Тр. Карел. науч. центра РАН. Сер. лимнология и океанология. 2021. № 9. С. 146–156.
- Раунер Ю.Л. Тепловой баланс растительного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 206 с.
- Федоров С.Ф. О влиянии вырубки леса на изменение элементов его водного баланса // Труды ГГИ. 1979. Вып. 258. С. 30–42.
- Федоров С.Ф. Изменение структуры водного и теплового баланса залесенных территорий под влиянием вырубок // Труды ГГИ. 1981. Вып. 279. С. 20–31.
- Allen R.G., Tasumi M., Morse A., Trezza R., Wright J.L., Bastiaanssen W., Robison C.W. Satellite – based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Applications // J. Irrig. Drain Eng. ASCE. 2007. Vol. 133. P. 395–406.
- Bastiaanssen W., Menenti M., Feddes R., Holtslag A. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation // J. of Hydrol. 1998. Vol. 212. P. 198–212.
- Bosch J.M., Hewlett J.D. A review of catchment experiment to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration // J. of Hydrology. 1982. Vol. 55. P. 3–23.
- Burenina T.A., Borisov A.N., Shishikin A.S. Changes of Snow Moisture Balance in Logging Areas in Dark-Needled Forests of the Yenisei Ridge, Central Siberia // Forest

- Ecosystems: Management, Impact Assessment and Conservation / Deborah Elliott (Ed.). Nova Science Publ., 2017. P. 129–154.
- FAO 2006: Global Forest Resources assessment 2005: Progress towards sustainable forest Management. Rome: Food and Agriculture organization of the United Nations, 2006.
- Fu B.P. On the calculation of the evaporation from land surface // Chinese J. of Atmospheric Sciences. 1981. Vol. 5. P. 23–31.
- Hibbert A.R. Forest treatment effects on water yield // Forest hydrology, Proceedings of a National Science Foundation Advanced Science Seminar. Oxford: Pergamon Press, 1967. P. 527–543.
- Monteith J.L. Evaporation and environment // XIX Symposium Society for Experimental Biology. Swansea: Cambridge Univ. Press., 1965. P. 205–234.
- Morton F.I. Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology // J. of Hydrology. 1983. Vol. 66. № 1–4. P. 1–76.
DOI: 10.1016/0022-1694(83)90177-4
- Morton F.I. What are the limits of forest evaporation? // J. of Hydrology. 1984. Vol. 74. P. 373–398.
- Mu Q., Heinsch F.A., Zhao M., Running S.W. Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data // Remote Sensing of Environment. 2007. Vol. 111. № 4. P. 519–536.
DOI: 10.1016/j.rse.2007.04.015
- Mu Q., Zhao M., Running S.W. Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm // Remote Sensing of Environment. 2011. Vol. 115. № 8. P. 1781–1800.
DOI: 10.1016/j.rse.2011.02.019
- Onuchin A.A., Burenina T.A. Hydrological role of the Forest in Siberia / Trends in Water Research. NOVA Sci. Publ., 2008. P. 67–92.
- Sun G., Zhou G., Zhang Z., Wei X., McNulty S.G., Vose J.M. Potential water yield reduction due to reforestation across China // J. of Hydrology. 2006. Vol. 328. P. 548–558.
DOI: 10.1016/j.jhydrol.2005.12.013
- Turner K.M. Annual evapotranspiration of native vegetation in a Mediterranean-type climate // Water Res. Bull. 1991. Vol. 27. № 1. P. 1–6.
DOI: 10.1111/j.1752-1688.1991.tb03107.x
- Vertessy R.A., Bessard Y. Anticipating the negative hydrologic effects of plantation expansion: Results from a GIS-based analysis on the Murrumbidgee basin / Forest management for water quality and quantity. Proceeding of the second forest erosion workshop. 1999.
- Wang Y. Water-yield reduction after afforestation and related processes in the semiarid Liupan Mountains, northwest China // J. of the American Water Res. Association. 2008. Vol. 44. № 5. P. 1086–1097.
DOI: 10.1111/j.1752-1688.2008.00238.x
- Wei X., Zhou X.F., Wang C.K. The influence of mountain temperate forests on hydrology, Northeast of China // Forest Chronicle. 2003. Vol. 79. P. 297–300.
DOI: 10.5558/tfc79297-2
- Yang D., Sun F., Liu Z., Cong Z., Ni G., Lei Zh. Analyzing spatial and temporal variability of annual water-energy balance in nonhumid regions of China using the Budyko hypothesis // Water Res. Research. 2007. Vol. 43. DOI: 10.1029/2006WR005224
- Zhang L., Dawes W.R., Walker G.R. Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale // Water Res. Research. 2001. Vol. 37. № 3. P. 701–708.
DOI: 10.1029/2000WR900325
- Zhang L., Zhao F.F., Brown A.E. Predicting effects of plantation expansion on streamflow regime for catchments in Australia // Hydrology and Earth System Sciences. 2012. Vol. 16. P. 2109–2121.
DOI: 10.5194/hess-16-2109-2012
- Zhang Y., Peña-Arancibia J.L., McVicar T.R. Multi-decadal trends in global terrestrial evapotranspiration and its components // Scientific Reports. 2016. Vol. 6. № 1. DOI: 10.1038/srep19124

Regional Specificity of the Transformation of the Water Balance Structure during Restoration Successions in the Cutting of Dark Coniferous Forests of the Yenisey Ridge

T.A. Burenina^{a,*}, M.A. Korets^{a,**}, and Zh. R. Suleimanova^{a,***}

^aV. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch –
Separate division of FRC KSC SB RAS (IF SB RAS), Krasnoyarsk, Russia

*e-mail: burenina@ksc.krasn.ru

**e-mail: mik@ksc.krasn.ru

***e-mail: janetta_suleiman@mail.ru

The paper discusses the features of the transformation of the structure of the water balance in the dark coniferous forests of the Yenisey Ridge, disturbed by logging. Questions of evapotranspiration dynamics are considered, considering reforestation successions in the cut areas. Based on the use of satellite data (MOD16A2), the change in evapotranspiration was analyzed considering the disturbance of the forest cover in the watershed. Against the background of the general dependence of evapotranspiration on meteorological parameters, the results showed that at the basin level, the variation in evapotranspiration depends on the accumulative effect of forest cover disturbance in the watershed. The ranking of felled areas, consid-

ering the regenerative-age dynamics of the vegetation cover, made it possible to assess the contribution of various stages of the reforestation process to the total evaporation in the Suhoi Pit River basin, and to reveal how the ratio of logging sites of the current year to the areas of already afforested cutting areas affects the amount of total evaporation. Studies have shown that if less than 2% of the total watershed area is deforested, then the logging does not cause major change in evapotranspiration and river runoff.

Keywords: river basin, water balance, precipitation, evapotranspiration, runoff, logging, reforestation, Landsat, MOD16A satellite data

REFERENCES

- Allen R.G., Tasumi M., Morse A., Trezza R., Wright J.L., Bastiaanssen W., Robison C.W. Satellite – based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Applications. *J. Irrig. Drain Eng. ASCE*, 2007, pp. 395–406.
- Antipov A.N., Antipova N.D. Estimation of transpiration of vegetation in taiga geosystems. *Geogr. Priir. Resur.*, 1984, no. 4, pp. 115–124. (In Russ.).
- Bastiaanssen W., Menenti M., Feddes R., Holtslag A. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). Formulation. *J. Hydrol.*, 1998, pp. 198–212.
- Beideman I.N. *Spravochnik po raskhodu vody rasteniyami v prirodnnykh zonakh SSSR* [Reference Book on Water Consumption by Plants in the Natural Zones of the USSR]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1983. 257 p.
- Bosch J.M., Hewlett J.D. A review of catchment experiment to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *J. Hydrol.*, 1982, pp. 3–23.
- Budagovskii A.I. *Isparenie pochvennoi vlagi* [Evaporation of Soil Moisture]. Moscow: Nauka Publ., 1964. 244 p.
- Budyko M.I. *Teplovoi balans zemnoi poverkhnosti* [Thermal Balance of The Earth's Surface]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1956. 255 p.
- Burenina T.A. Dynamics of hydrological regime restoration at the experimental felled plots. In *Sredobrazuyushchaya rol' lesnykh ekosistem Sibiri* [The Environmental Role of Siberian Forest Ecosystems]. Protopopov V.V., Ed. Krasnoyarsk: Izd-vo ILiD SO AN SSSR, 1982, pp. 106–114. (In Russ.).
- Burenina T.A., Borisov A.N., Shishikin A.S. Changes of Snow Moisture Balance in Logging Areas in Dark-Needled Forests of the Yenisei Ridge, Central Siberia. In *Forest Ecosystems: Management, Impact Assessment and Conservation*, edited by Deborah Elliott. Nova Science Publ., 2017, pp. 129–154.
- Burenina T.A., Musokhranova A.V., Suleimanova Zh.R. Dynamics of the structure of the water balance during reforestation successions in logging sites in the dark coniferous forests of the Yenisei Ridge. In *Upravlenie lesnymi ekosistemami v usloviyakh izmeneniya klimata: Mat. Mezhdun. Nauch.-Prakt. Konf. posvyashchennoi 105-letiyu so dnya rozhdeniya doktora biologicheskikh nauk, professora, zaslužennogo deyatelya nauki Petra Alekseevicha Gana* [Management of Forest Ecosystems under Climate Change: Proc. of the Int. Sci. and Pract. Conf. Dedicated to the 105th Anniversary of the Birth of Doctor of Biol. Sci., Prof., Honored Scientist P.A. Gan]. Bishkek, 2021, pp. 88–92. (In Russ.).
- FAO 2006. *Global Forest Resources assessment 2005: Progress towards sustainable forest Management*. Rome: FAO, 2006.
- Fedorov S.F. On the impact of felling on changes in the elements of its water balance. *Tr. GGI*, 1979, vol. 258, pp. 30–42. (In Russ.).
- Fedorov S.F. Mutations in structure of water and heat balance of forest areas under impression of deforestation. *Tr. GGI*, 1981, vol. 279, pp. 20–31. (In Russ.).
- Fu B.P. On the calculation of the evaporation from land surface. *Chin. J. Atmos. Sci.*, 1981, no. 5, pp. 23–31.
- Hibbert A.R. Forest treatment effects on water yield. In *Forest hydrology. Proceedings of a National Science Foundation Advanced Science Seminar*. Pergamon, Oxford, 1967, pp. 527–543.
- Gribov A. *Sredobrazuyushchaya rol' lesnykh ekosistem yuga Srednei Sibiri* [Ecological Role of Forest in the South of Central Siberia]. Abakan: Khakas. Gos. Univ. im. N.F. Katanova, 1997. 160 p.
- Karpechko Yu.V., Myasnikova N.A. Assessment of changes in water balance elements in the first year after felling in the taiga zone of the European North of Russia. *Uch. Zapisk. Ross. Gos. Gidrometeorolog. Univ.*, 2014, no. 33, pp. 31–44. (In Russ.).
- Korets M.A., Prokushkin A.S., Burenina T.A. Spatio-temporal trends in the average air temperature and precipitation in the Middle Yenisei basin (taiga zone) based on data from the Climatic Research Unit (CRU TS V. 3.22). In *Mat.y III Vseross. Nauch.-Prakt. Konf. "Sovremennyye tendentsii i perspektivy razvitiya gidrometeorologii v Rossii"* [Proc. of the 3rd All-Russian Sci. and Pract. Conf. "Modern Trends and Prospects for the Development of Hydrometeorology in Russia"]. Irkutsk, 2020. (In Russ.).
- Krestovskii O.I. Logging and forestation influence water-yield in southern and middle taiga of ETS. *Vodn. Resur.*, 1984, no. 5, pp. 125–135. (In Russ.).
- Kutaf'ev V.P. Forest zoning of Central Siberia. *Vopr. Lesoved.*, 1970, no. 1, pp. 165–179. (In Russ.).
- Lapshina E.I., Gorbachev V.N., Khramov A.A. Vegetation and soils of the Yenisei Ridge (Southern part). In *Rastitel'nost' pravoberezh'ya Yeniseya* [Vegetation of the Right Bank of the Yenisei River]. Kuminova A.V., Ed. Novosibirsk: Nauka Publ., 1971, pp. 21–66. (In Russ.).
- Lebedev A.V. *Gidrologicheskaya rol' gornyykh lesov Sibiri* [Hydrological Role of Siberian Mountain Forests]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1982. 182 p.
- Molchanov A.A. *Gidrologicheskaya rol' lesa* [The Hydrological Role of the Forest]. Moscow: Izd-vo Akad. Nauk SSSR, 1960. 487 p.

- Monteith J.L. Evaporation and environment. In *The State and Movement of Water in Living Organisms: 19th Symposium Soc. for Exp. Biol.* Swansea: CUP, 1965, pp. 205–234.
- Morton F. I. Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology. *J. Hydrol.*, 1983, vol. 66, no. 1–4, pp. 1–76. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(83\)90177-4](https://doi.org/10.1016/0022-1694(83)90177-4)
- Morton F.I. What are the limits of forest evaporation? *J. Hydrol.*, 1984, vol. 74, pp. 373–398.
- Mu Q., Heinsch F.A., Zhao M., Running S.W. Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data. *Remote Sens. Environ.*, 2007, vol. 111, no. 4, pp. 519–536. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.04.015>
- Mu Q., Zhao M., Running S.W. Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. *Remote Sens. Environ.*, 2011, vol. 115, no. 8, pp. 1781–1800. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.02.019>
- Onuchin A.A. General snow accumulation trends in boreal forests. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2001, no. 2, pp. 80–86. (In Russ.).
- Onuchin A.A., Burenina T.A. Hydrological role of the Forest in Siberia. In *Trends in Water Research*. NOVA Sci. Publ., 2008, pp. 67–92.
- Penman H.L. *Rastenije i vlaga* [Plant and Moisture]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1968. 161 p.
- Pobedinskii A.V. Changes in the protective and water-regulating role of the forest under the influence of logging. *Vopr. Geogr.*, 1976, no. 102, pp. 169–179. (In Russ.).
- Rasulova A.M. Calculation of evapotranspiration in the basin of Lake Ladoga. In *Trud. Karel. Nauch. Tsentra RAN. Ser. limnologiya i okeanologiya* [Proc. of the Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences. Series of Limnology and Oceanology], 2021, no. 9, pp. 146–156. (In Russ.).
- Rauner Yu.L. *Teplovoi balans rastitel'nogo pokrova* [Thermal Balance of Vegetation]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1972. 206 p.
- Sun G., Zhou G., Zhang Z., Wei X., McNulty S.G., Vose J.M. Potential water yield reduction due to reforestation across China. *J. Hydrol.*, 2006, vol. 328, pp. 548–558. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.12.013>
- Turner K.M. Annual evapotranspiration of native vegetation in a Mediterranean-type climate. *Water Resour. Bull.*, 1991, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1991.tb03107.x>
- Vertessy R.A., Bessard Y. Anticipating the negative hydrologic effects of plantation expansion: Results from a GIS-based analysis on the Murrumbidgee basin. In *Forest management for water quality and quantity. Proceeding of the second forest erosion workshop*, 1999.
- Wang Y. Water-yield reduction after afforestation and related processes in the semiarid Liupan Mountains, northwest China. *J. Am. Water Resour. Assoc.*, 2008, vol. 44, no. 5, pp. 1086–1097. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2008.00238.x>
- Myneni R. MOD15A2H v006. MODIS/Terra Leaf Area Index/FPAR 8-Day L4 Global 500 m SIN Grid. USGS, 2023. <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD15A2H.006>
- Wei X., Zhou X.F., Wang C.K. The influence of mountain temperate forests on hydrology, Northeast of China. *For. Chron.*, 2003, vol. 79, pp. 297–300. <https://doi.org/10.5558/tfc79297-2>
- Yang D., Sun F., Liu Zh., Cong Zh., Ni G., Lei Zh. Analyzing spatial and temporal variability of annual water-energy balance in nonhumid regions of China using the Budyko hypothesis. *Water Resour. Res.*, 2007, vol. 43, no. 4. <https://doi.org/10.1029/2006WR005224>
- Zhang L., Dawes W.R., Walker G.R. Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water Resour. Res.*, 2001, vol. 37, no. 3, pp. 701–708. <https://doi.org/10.1029/2000WR900325>
- Zhang L., Zhao F.F., Brown A.E. Predicting effects of plantation expansion on streamflow regime for catchments in Australia. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2012, vol. 16, pp. 2109–2121. <https://doi.org/10.5194/hess-16-2109-2012>
- Zhang Y., Peña-Arancibia J.L., McVicar T.R. Multi-decadal trends in global terrestrial evapotranspiration and its components. *Sci. Rep.*, 2016, vol. 6, no. 1. <https://doi.org/10.1038/srep19124>

ОЦЕНКА ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОРНОЙ ЧАСТИ ЮЖНО-САХАЛИНСКА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО ТУРИЗМА И ТЕРРЕНКУРОТЕРАПИИ

© 2024 Ю. В. Корягина^{1, *}, Н. П. Поволоцкая¹, С. В. Нопин¹, Г. Н. Тер-Акопов¹, А. Н. Попов¹

¹Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства,
Ессентуки, Россия

*e-mail: nauka@skfmba.ru

Поступила в редакцию 03.11.2022 г.

После доработки 15.08.2023 г.

Принята к публикации 26.12.2023 г.

В статье раскрываются возможности развития оздоровительного туризма и терренкуротерапии в г. Южно-Сахалинск, Россия. В настоящее время растет спрос на внутренний туризм, но наиболее известные туристические направления являются перегруженными. По этой причине развитие иных туристических направлений является актуальной задачей. Изучение ландшафтно-климатического потенциала на территории Сусунайского хребта Южно-Сахалинска с целью создания терренкура “Восьмерка” выявило необычное сочетание элементов рекреационного ландшафта (2.48 балла) с благоприятной горной орографией местности (2.83 балла) и большой разнообразностью растительности, ценных фиторесурсов (2.5 балла), высоким пейзажно-эстетическим качеством природных панорам (2 балла), умеренным по нагрузке биоклиматическим режимом местности (2.16 балла), уникальным по чистоте приземной атмосферы и окружающей среды экологическим режимом (2.6 балла), которые интегративно обеспечивают перспективы для развития летних и зимних видов оздоровительного туризма. При сравнении разнородных показателей биоклимата и рекреационного ландшафта была использована методика балльных оценок качественных признаков, применяемая в курортологии и рекреационной географии.

Ключевые слова: терренкур, рекреация, экологические наблюдения, биоклимат, туризм

DOI: 10.31857/S2587556624010041, **EDN:** GLMFUY

ВВЕДЕНИЕ

В современный период, в связи с сокращением зарубежных туристических потоков, особое значение приобретают исследование и разработка новых перспективных местностей, в том числе для горного туризма, с высоким ландшафтно-климатическим и бальнеологическим потенциалом территории¹.

Горный туризм является туристической деятельностью в особой среде, характеризующейся ярко выраженными элементами ландшафта, климата, дикой природы, видами деятельности, традициями и местными сообществами (Cristache et al., 2021; Zeng et al., 2022). Уникальная природная среда гор (Río-Rama et al., 2019), свежий

воздух (Jiang, 2007) и ландшафты (Xie et al., 2015) мотивируют туристов приближаться к природе и искать оздоровительные туристические направления (Tian, 2020).

Лечебная и оздоровительная направленность курортного лечения и туризма во многом зависит от ранга, особенностей лечебно-оздоровительных функций различных модулей (индикаторов) биоклимата и ландшафта, возможности их многофункционального использования в лечебных и оздоровительных целях, наличия и степени выраженности патогенных и экологических факторов окружающей среды, в совокупности (Ефименко и др., 2019; Ушакова, Цой, 2017; Debarbieux et al., 2014; Mutana and Mukwada, 2017; Demirovic et al., 2018).

¹ ФЗ № 26 от 23.02.1995 г. “О природных лечебных ресурсах, лечебно-оздоровительных местностях и курортах”. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6001/e89e1b84edffbc60db5fe445e8379c0c54532341/ (дата обращения 17.07.2022); ГОСТ 17.8.1.02-88. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Ландшафты. Классификация // Охрана природы. Земли. Сборник ГОСТов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

С этих позиций представляется актуальным исследовать природный ландшафтно-климатический потенциал для развития летнего оздоровительного туризма в активно развивающемся направлении зимних видов активностей территорий горной части города Южно-Сахалинска.

Целью исследования являлись изучение ландшафтно-климатического потенциала Сусунайского хребта Южно-Сахалинска для целей оздоровительного туризма и разработка предложений по созданию маршрута терренкура “Восьмерка”.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для реализации поставленной цели на территории Спортивно-туристического комплекса (СТК) “Горный воздух” Южно-Сахалинска с 17 по 28 июня 2022 г. сотрудниками ФГБУ СКФНЦ ФМБА России проведены маршрутные рекогносцировочные ландшафтно-климатические наблюдения.

Применялись следующие методы исследования: анализ специализированных литературных и справочных материалов, собственный маршрутный мониторинг (биоклиматический, ландшафтный, экологический), одномоментные (поперечные) исследования; специальные комплексные методы и модели оценки климата и ландшафта для целей курортологии и оздоровительного туризма (Гармс и др., 2013; Григорьев, 2014; Ефименко и др., 2015; Поволоцкая, 2011; Поволоцкая и др., 2021; Русанов, 1981; Смирнова, 1997; Уйба, 2010; Al Mamun and Mitra, 2012). В программу собственных маршрутных исследований включались замеры концентрации легких аэроионов положительного и отрицательного заряда (подвижностью $K > 0.5 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$), количества аэрозольных частиц различных размерных градаций (8 градаций в диапазоне от 0.2 до 10 мкм) в приземной атмосфере (на уровне дыхания 1.5 м), температуры и влажности воздуха, мощности амбиентного эквивалента дозы

(МАЭД) гамма-излучения, освещенности, состояние орографии, растительности, природных панорам. Оценка качества ландшафтных, биоклиматических и экологических элементов природной среды проводилась комплексным методом модульного анализа курортно-рекреационной значимости каждого изученного природного модуля по методикам (Михайленко и др., 2007) с выделением принятых в курортологии градаций уровня комфортности (благоприятности или патогенности) по 4-балльной шкале. Рассчитывались курортно-рекреационные модули (индикаторы) природной среды: ландшафтно-рекреационный, климато-курортологический, экологический и интегральный ландшафтно-климатический потенциалы (Поволоцкая и др., 2021; Корягина и др., 2022).

Использованные приборы и оборудование: малогабаритный счетчик аэроионов МАС-01; метеоскоп-М; дозиметр Радиаскан-801; анализатор аэрозоля САЧМ 4801-0.1; люксметр DT-1309.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Маршрутные рекогносцировочные ландшафтно-климатические наблюдения, проведенные на территории Сусунайского хребта Южно-Сахалинска и существующей ранее экотропе, позволили разработать рекомендации по организации маршрутов и станций терренкура “Восьмерка”, было выделено восемь наблюдательных пробных площадок (ПП), координаты которых представлены в табл. 1.

Протяженность терренкура “Восьмерка” – 9 км, перепад высот – 401 м, углы подъема/спуска на основной территории – от 0° до 10°, а на отдельных ее участках – до 12°–20° (рис. 1).

В период проведения маршрутных измерений температурно-влажностный режим находился в зоне комфорта [Т (температура) – 15°–23°С / относительная влажность (ОВ) – 50–73% (шалящий режим)]; перепады давления воздуха достигали 58 гПа [(6.1%) (слабый и умеренный

Таблица 1. Рекогносцировочная схема терренкура “Восьмерка” г. Южно-Сахалинск

№	Описание местоположения	Северная широта, °	Восточная долгота, °	Высота, м над ур. м.
ППЗ-1	Вход сверху, начало тропы, верхний стенд и беседка	46°57'2"	142°47'22"	535
ППЗ-2	У горнолыжной трассы, возле зарослей кедрового стланика и смешанного леса	46°57'10"	142°47'52"	540
ППЗ-3	Смотровая площадка с деревянным настилом с видом на горнолыжную трассу, горный лес и гору Красная	46°57'9"	142°48'3"	509
ППЗ-4	Родник и беседка, виды горного леса, горных панорам	46°56'46"	142°47'52"	396
ППЗ-5	Смотровая площадка с видом на панораму горы Красная	46°56'40"	142°47'49"	368
ППЗ-6	Пихтово-широколиственный лес, остановка у малого родника со сменяющимися лесными панорамами	46°56'45"	142°47'51"	298
ППЗ-7	Смена лесной панорамы Ивовая роща и ручей	46°56'33"	142°46'56"	257
ППЗ-8	Конец тропы, нижний стенд, район биатлонного комплекса	46°56'35"	142°46'13"	134



Рис. 1. Схема терренкура “Восьмерка” ОАУ «СТК “Горный воздух”» г. Южно-Сахалинск.

гипобарический режим)]; амплитуда изменения весового содержания кислорода составляла 23 г/м^3 [(9.1%) (шадыще-тренирующий гипоксический режим)]; площадь тени от деревьев на пробных природных площадках на терренкуре варьировала от 38 до 82% (шадыщий режим солнечной радиации); “свежесть воздуха” по коэффициенту униполярности ионов (КУИ, $N+/N-$) в течение исследуемого периода находилась в пределах 0.42–1.02, что указывает на исключительно высокое качество приземной атмосферы, высокую чистоту и лечебно-оздоровительную значимость данной местности (табл. 2).

Особенности орографии на склонах Сусунайского хребта способствуют развитию горно-долинной циркуляции, что обеспечивает высокую степень чистоты приземной атмосферы (КУИ < 1.0), повышенный природный фон ионизации воздуха ($\Sigma 1630\text{--}4570$ ион/см³). Этим объясняется высокая степень “свежести” воздуха и благоприятные особенности спектра аэрозоля в приземной атмосфере: уровень мелкодисперсного

аэрозольного загрязнения в размерных диапазонах $< 0.5 \text{ мкм}$, глубоко проникающих в дыхательные пути человека, вплоть до альвеол (рис. 2).

Общие значения суммы аэрозольных частиц (в диапазоне 0–10 мкм) в приземной атмосфере соответствовали фоновым значениям чистой природной среды ($\Sigma 44905\text{--}\Sigma 58884$ ч-ц/л) с незначительными понижениями на смотровых площадках ППЗ-3 (45647 ч-ц/л) и ППЗ-5 (49905 ч-ц/л) и небольшими повышениями — на входе/выходе на терренкур на верхней (ППЗ-1) и нижней (ППЗ-8) станциях маршрута ($\Sigma 52424$ ч-ц/л и $\Sigma 58884$ ч-ц/л).

Были рассмотрены значения мелкодисперсного аэрозоля с размером частиц 500–1000 нм (беспрепятственно проникающих в дыхательные пути до поверхности альвеол), для которых по данным (Поволоцкая и др., 2021) определены допустимые уровни аэрозольной нагрузки (рис. 3). Данные мониторинга аэрозольных частиц размером 500–1000 нм фактически соответствовали чистому природному фону. Аэрозольных частиц размерного ряда 5–10 мкм было незначительное количество, на уровне исключительно чистого природного фона.

На склонах Сусунайского хребта соседствуют лиственница, пихта, ель аянская и лиственные растения — береза, рябина, ива, лиановые (актинидия, лимонник) — на горных буро-таежных неоподзоленных и слабооподзоленных почвах. Данный район по растительности относится к таежной зоне (Лесной план Сахалинской области на 2019–2028 годы²; Справочник по физической географии Сахалинской области, 2003).

Таблица 2. Значения индикаторов микроклиматического модуля терренкура “Восьмерка”

№	Индикатор микробиоклимата							
	Т, °С	ОВ, %	СВ, м/с	ДВ, гПа	О ₂ , г/м ³	$\Sigma [(N+) + (N-)]/\text{КУИ}$, фон	МАЭД, мкЗв/ч	О/К, лк
ППЗ-1	21.0	54.7	0.1–1.2	941	255.4	4510/0.94	0.06	23.8/4.8
ППЗ-2	22.7	51.3	0.3–0.7	941	253.0	1720/0.69	0.05	23.5/14.5
ППЗ-3	15.4	72.0	0.2–1.2	955	263.6	4320/1.02	0.08	23.6/6.9
ППЗ-4	22.4	53.6	0.8–2.8	959	257.9	1630/0.90	0.05	24/10
ППЗ-5	17.2	69.7	0.2–0.5	972	266.3	1750/0.42	0.07	23.7/10
ППЗ-6	21.0	54.1	0.2–0.5	969	262.2	2160/0.83	0.08	23.5/4.2
ППЗ-7	17.3	65.7	0.3–1.0	984	269.8	2640/0.66	0.05	23.7/11
ППЗ-8	15.3	72.7	0.2–1.6	999	276.0	2850/0.65	0.08	21.2/4

Примечание: Т — температура воздуха; ОВ — относительная влажность; СВ — скорость ветра; ДВ — давление воздуха; О₂ — содержание кислорода в воздухе; $\Sigma [(-) + (+)]$ — фон суммарной аэроионизации на тропе (ион/см³), КУИ — коэффициент униполярности ионов; МАЭД — мощность амбиентного эквивалента дозы (безопасная — до 0.5 мкЗв/ч; норма: 0.2 мкЗв/ч (СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.); О/К — освещенность (О — освещенность на открытом месте, К — освещенность под кроной).

² Лесной план Сахалинской области на 2019–2028 годы, утв. указом Губернатора Сахалинской области от 08.02.2019 № 7. <https://docs.cntd.ru/document/553109504/> (дата обращения 08.06.2022).

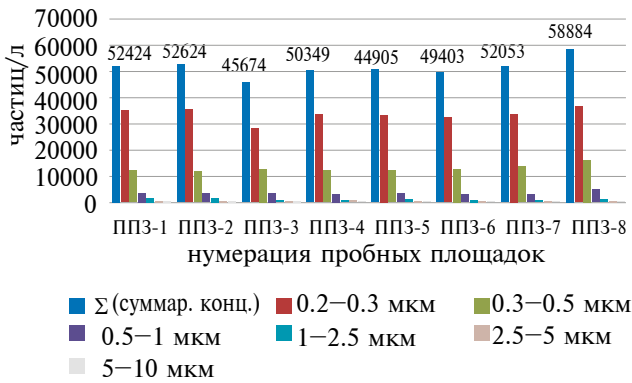


Рис. 2. Аэрозольное загрязнение приземной атмосферы в различных размерных диапазонах (мкм) на территории терренкура “Восьмерка”.

Результаты исследования ландшафтно-климатического потенциала позволили дать курортологическую оценку модулей ландшафта.

1. Модули орографии местности: склоны Сусунайского хребта, межгорная долина на высоте 92–565 м над ур. м.; угол подъема/спуска на тропе – 0°–10°, местами до 20°; сейсмичность – до 9 баллов; высокая привлекательность элементов орографии (табл. 3). Рассмотрено 6 индикаторов ландшафта орографии местности, суммарная оценка их курортологической ценности – 17 баллов. Потенциал = $17/6 = 2.83$ балла – 1 ранг уникум.

2. Модули растительности вдоль терренкура (табл. 4): зона таежных лесов средней лесопатологической угрозы. Единично встречается ценный по эмиссии летучих фитоорганических веществ (ЛФОВ) Кедровый стланник, оздоровительные возможности которого изучены А.Г. Ва-

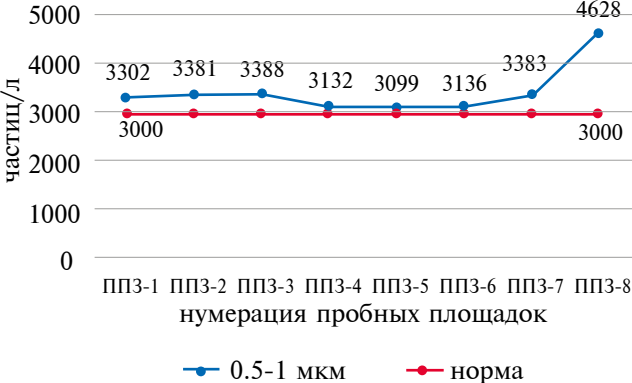


Рис. 3. Аэрозольное загрязнение приземной атмосферы в размерном диапазоне 500–1000 нм на территории терренкура “Восьмерка”.

сильевой (Васильева, Чирикова, 2020). Потенциал: 2.5 балла – 1 ранг – уникум.

3. Модули качества почв и подстилающей поверхности на терренкуре (табл. 5). Потенциал: 2.25 балла – 1 ранг.

4. Модули видовой ценности водных объектов (табл. 6): к терренкуру приближены ручьи и родники, все слабо обустроенные, но имеют перспективу повысить видовую ценность природной панорамы терренкура. Потенциал: 2 балла – 1 ранг.

5. Пейзажно-эстетическое качество элементов ландшафта высокое (см. табл. 6). Потенциал: 2 балла – 1 ранг.

6. Рекреационные нагрузки на курортный ландшафт: число единовременных посетителей на терренкуре – 1–2 чел/га (табл. 7), суммарная оценка курортологической ценности: 3 балла – 1 ранг.

Таблица 3. Оценка ландшафта на территории расположения экотропы “Восьмерка” (орография местности)

№ п/п	Индикатор ландшафта	Характеристика	Категория пригодности для курортно-рекреационного использования	Оценка, баллы
1. Оценка орографии местности = $17/6 = 2.83$ балла				
1	Элементы рельефа на экотропе	Вершина и склоны г. Большевик	Особо благоприятно	3
2	Абсолютная высота, м над ур. м.	92–565	Особо благоприятно	3
3	Крутизна склонов на экотропе, °	На большей протяженности экотропы 0–10, на отдельных отрезках – до 12–20	Особо благоприятно	3
4	Сейсмичность, баллы	8–9	Относительно благоприятно	2
5	Расстояние от городских транспортных развязок, м	300–550	Особо благоприятно	3
6	Привлекательность горных панорам	Высоко привлекательны	Особо благоприятно	3

Таблица 4. Оценка ландшафта на территории расположения экотропы “Восьмерка” (растительность леса)

№	Индикатор ландшафта	Характеристика	Категория пригодности для курортно-рекреационного использования	Оценка, баллы
2. Оценка растительности леса = 35/14 = 2.5 балла				
1	Лесорастительная зона	Зона таежных лесов	Благоприятно	2
2	Зона лесозащитного районирования	Зона средней лесопатологической угрозы	Благоприятно	2
3	Природная зона по растительности	Смешанно-лесной каменно-березовый бамбуковый; смешанно-лесной ольхово-ивовый разнотравный	Особо благоприятно	3
4	Древостой	Соседствуют лиственные леса с лиственницей и кустарниковым компонентом тайги, лианы	Особо благоприятно	3
5	Хвойные растения (кедровый стланник, лиственница, пихта, ель)	Противовоспалительное действие, отхаркивающее действие. Летучие компоненты фитоорганических веществ, положительно влияющие на качество приземной атмосферы	Особо благоприятно	3
6	Широколиственные породы деревьев (береза каменная, рябина, ольха и др.)	Углеводороды (изопрен) и другие компоненты, обладающие кардиотоническим, седативным, бронхолитическим действием	Особо благоприятно	3
7	Бонитет, класс	Все бонитеты хвойных и лиственных пород	Благоприятно	2
8	Полнота насаждений	0.6–0.8	Благоприятно	2
9	Отношение тени и открытых мест над экотропами, %	60 : 40	Благоприятно	2
10	Удельный вес озелененных территорий в лесу, %	Более 60	Особо благоприятно	3
11	Удельный вес луговых озелененных территорий, %	Менее 10	Особо благоприятно	3
12	Контрастность границ между элементами ландшафта	Умеренная сменяемость элементов ландшафта	Благоприятно	2
13	Красочность горных лесных панорам	Умеренно выражена	Благоприятно	2
14	Освещенность надпочвенного пространства, %	10–35	Особо благоприятно	3

Интегральная курортологическая оценка ландшафта по данным мониторинга (см. табл. 7) — очень высокая, 2.48 балла. Такая оценка по действующей курортологической шкале соответствует уникальному ландшафту с широкими перспективами для организации лечебной ходьбы, природной фитотерапии, ландшафтной релаксации, сбора лесных даров, горного альпинизма.

Высокий уровень ландшафтно-рекреационного потенциала дополняется повышенным уровнем климато-курортологического потен-

циала, характеристики модулей которого представлены ниже [использованы данные многолетних метеорологических наблюдений (Швер, Лазарева, 1972) и собственных наблюдений].

1. Модули биоклиматического режима (табл. 8): число дней в году с благоприятной для летней и зимней рекреации погодой на свежем воздухе — 239 дней в году; продолжительность периода для зимних видов спорта — 154 дня в году. Потенциал 2.13 балла — 1 ранг.

2. Модули режима солнечной радиации (табл. 9): число часов солнечного сияния — 1870—

Таблица 5. Оценка ландшафта на территории расположения экотропы “Восьмерка” (качество почв и подстилающей поверхности)

№ п/п	Индикатор ландшафта	Характеристика	Категория пригодности для курортно-рекреационного использования	Оценка, баллы
3. Оценка качества почв и подстилающей поверхности = 9/4 = 2.25 балла				
1	Виды почв	Горные буро-таежные неоподзоленные и слабоподзоленные почвы, горно-лесные бурые почвы с небольшой мощностью гумусового горизонта; характеризуются развитием глеевого процесса, повышенной кислотностью	Благоприятно	2
2	Влажность почв	На большей части экотроп – сухие, местами на северных склонах вблизи ручьев и родников переувлажненные, с глеевыми процессами	Благоприятно	2
3	Заболоченность, %	2.2	Особо благоприятно	3
4	Оползни	Менее 1% (от длины трасс)	Благоприятно	2

Таблица 6. Оценка ландшафта на территории расположения экотропы “Восьмерка” (водные объекты и пейзажно-эстетическое качество элементов ландшафта)

№	Индикатор ландшафта	Характеристика	Категория пригодности для курортно-рекреационного использования	Оценка, баллы
4. Оценка водных объектов = 4/2 = 2.0 балла				
1	Речная сеть	Река Сусуя и ее притоки – ручьи и родники	Особо благоприятно	3
2	Влияние речной сети на качество экотроп	В сезон дождей появление луж и грязи	Относительно благоприятно	1
5. Оценка пейзажно-эстетического качества элементов ландшафта = 4/2 = 2.0 балла				
1	Пейзажно-эстетическое качество ландшафта в местах распространения широколиственных пород деревьев	Целесообразно запланировать создание архитектурных парковых ансамблей в виде указателей с нужной информацией, беседок, козырьков от дождя, лесных лавочек, пней для отдыха, возведения пергол, указателей и др.	Благоприятно	2
2	Пейзажно-эстетическое качество ландшафта в местах распространения хвойных пород деревьев	Зеленый дизайн хвойных пород леса эстетически выраженный, однако требует дизайнерской обработки	Благоприятно	2

1933 часов за год; сумма солнечной радиации – 1248.8 кВт ч/м² за год; 306 дней в году – с благоприятными условиями для профилактики УФ недостаточности. Потенциал: 2.2 балла – 1 ранг.

3. Модули циркуляционного режима (см. табл. 9): повторяемость циклонических (83% за год) и антициклонических (17% за год) погод; за год бывает до 50 циклонов с давлением атмосферы в центре ниже 1000 гПа³. Потенциал: 1.8 балла – 2 ранг.

4. Модули режима влажности воздуха (табл. 10). Потенциал: 2.2 балла – 1 ранг.

5. Модули ионизации воздуха (см. табл. 10). Уровень легких ионов кислорода отрицательных (N⁻), Σ(N⁺) + (N⁻) (1650–4250 ион/см³), коэффициента униполярности ионов – КУИ (менее 1.0). Потенциал: 3 балла – 1 ранг – уникум.

Итоговая интегральная климато-курортологическая оценка выполнена на 38 индикаторах

³ Южно-Сахалинск. Особенности циркуляции атмосферы. <https://sakh-pogoda.ru/osobennosti-atmosfernoj-tsirkulyatsii> (дата обращения 17.08.2022).

Таблица 7. Оценка ландшафта на территории расположения экотропы “Восьмерка” (рекреационные нагрузки на курортный ландшафт и общая оценка)

№	Индикатор ландшафта	Характеристика	Категория пригодности для курортно-рекреационного использования	Оценка, баллы
1	Число единовременных посетителей на территории экотроп, чел/га	0–1	Особо благоприятно	3
Общая оценка				
Интегральная оценка ландшафтно-рекреационного потенциала (ЛРП)		$K(ЛРП) = (K1 + K2... + Kn)/n =$ $= (17 + 35 + 9 + 4 + 4 + 3) /$ $/ (6 + 14 + 4 + 2 + 2 + 1) =$ $= 72/29 = 2.48 \text{ балла}$	Благоприятно	2.48
Функциональная пригодность территории для организации ландшафтотерапии		Территория леса пригодна для природной ландшафтотерапии, возможно устройство, по крайней мере, трех маршрутов для пешеходных прогулок для дозированной и оздоровительной ходьбы, ландшафтной релаксации, природной фитотерапии, аэроионотерапии, спортивных тренировок		
Ранг местности по ландшафтному потенциалу			Уникальная местность	

Таблица 8. Биоклиматический потенциал территории расположения экотропы “Восьмерка” (модуль биоклиматический режим)

Биоклиматический индикатор	Величина	Категория медико-климатических условий	Оценка, баллы
Оценка биоклиматического режима = 34/16 = 2.13 балла			
Число дней в году с комфортом, слабым субкомфортом для прогулок на открытом воздухе (для больных и ослабленных людей)	76	Щадяще-тренирующие	2
Продолжительность летнего периода (с эквивалентно-эффективными температурами (ЭЭТ) > 15°C), дни	44	Тренирующие	1
Продолжительность холодного периода (ЭЭТ ниже 0°C)	154	Для зимних видов спорта особо благоприятно	3
Число дней в году с благоприятной для летней и зимней рекреации погодой на свежем воздухе (при ЭЭТ > –10°C и отсутствии погодо-патогенных факторов)	239	Щадящие	3
Продолжительность безморозного периода, дни	126 (от 102 до 160)	Щадяще-тренирующие	2
Число дней в году с устойчивым снежным покровом	150 (от 129 до 189)	Для зимних видов спорта особо благоприятно	3
Число дней в году с жарким надкомфортом днем (ЭЭТ > 22°C)	10	Особо благоприятно	3
Средняя месячная температура воздуха в августе, °C	16.9	Щадяще-тренирующие	2
Средняя месячная температура воздуха в январе, °C	–13.7	Щадяще-тренирующие	2
Средняя годовая температура воздуха, °C	2.2	Тренирующие	1
Абсолютный максимум температуры воздуха, °C	+34	Щадяще-тренирующие	2
Абсолютный минимум температуры воздуха, °C	–36	Тренирующие	1
Число дней в году с метелью	32	Щадяще-тренирующие	2
Число дней в году с осадками ≥ 1 мм	101	Щадяще-тренирующие	2
Число дней в году с грозой	7	Щадящие	3
Число дней в году с туманом	62	Щадяще-тренирующие	2

Таблица 9. Биоклиматический потенциал территории расположения экотропы “Восьмерка” (модуль режим солнечной радиации, модуль циркуляционный режим)

Биоклиматический индикатор	Величина	Категория медико-климатических условий	Оценка, баллы
2. Оценка режима солнечной радиации 22/10 = 2.2 балла			
Число часов солнечного сияния за год	1870–1933	Щадяще-тренирующие	2
Средняя продолжительность солнечного сияния за день, ч	6.1	Щадяще-тренирующие	2
Сумма солнечной радиации за год, кВт ч/м²	1248.8	Щадяще-тренирующие	2
Градация биологического действия солнечной радиации по величине UVI – ультрафиолетового индекса и степени потенциальной опасности повреждающего воздействия УФ солнечной радиации зимой в полдень, у. е.	0.5–1	Щадящие	3
Градация биологического действия солнечной радиации по величине UVI – ультрафиолетового индекса и степени потенциальной опасности повреждающего воздействия УФ солнечной радиации летом в полдень, у. е.	8–9	Щадяще-тренирующие	2
Число часов солнечного сияния за июль	156	Щадящие	3
Число часов солнечного сияния за декабрь	122	Щадяще-тренирующие	2
Число дней без солнца за год	59	Щадяще-тренирующие	2
Число дней без солнца за июль	7	Щадяще-тренирующие	2
Число дней без солнца за январь	6	Щадяще-тренирующие	2
3. Оценка циркуляционного режима = 9/5 = 1.8 балла			
Число циклонов за год	50	Тренирующие	1
Степень ветровой нагрузки: число дней в году со скоростью ветра 15 м/с и более	20	Тренирующие	2
Средняя месячная скорость ветра летом, м/с	3.2	Щадящие	3
Средняя месячная скорость ветра зимой, м/с	3.5	Щадящие	3
Максимальные порывы ветра, м/с	40 (18–40)	Тренирующие	1

Таблица 10. Биоклиматический потенциал территории расположения экотропы “Восьмерка” (модули режимы влажности, ионизации воздуха и общая оценка)

Биоклиматический индикатор	Величина	Категория медико-климатических условий	Оценка, баллы
4. Оценка режима влажности воздуха = 11/5 = 2.2 балла			
Повторяемость значений относительной влажности ниже 30%, дни за год	7	Щадящие	3
Повторяемость значений относительной влажности в полдень выше 80%, дни за год	97	Щадяще-тренирующие	2
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 13 часов в июле, %	79	Щадяще-тренирующие	2
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 13 часов в январе, %	77	Щадяще-тренирующие	2
Повторяемость погод с явлениями погодной “духоты” летом, %	3%	Щадяще-тренирующие	2
5. Оценка ионизации воздуха = 6/2 = 3.0 балла			
Уровень легких ионов кислорода отрицательных (N–), ион/см³ (по данным летнего эпизода)	520–770 – фон, в эпизодах до 2700–4000	Щадящие	3
Коэффициент униполярности ионов (КУИ)	0.30–1.10	Щадящие	3
6. Общая оценка			
Интегральная оценка биоклиматического потенциала территории (БКП)	$K(БКП) = (K_1 + K_2... + K_n) / n = (34 + 22 + 9 + 11 + +6) / (16 + 10 + 5 + 5 + 2) = 82/38 = 2.16$ балла		
Функциональная пригодность территории для организации круглогодичного оздоровительного туризма	Пригодна	Щадяще-тренирующие	2.16
Ранг местности по биоклиматическому потенциалу			1 РАНГ

Таблица 11. Комплексная экологическая оценка состояния природной среды на территории городской зоны Южно-Сахалинска и рекреационной зоны – на территории расположения экотропы “Восьмерка”

Экологический индикатор	Величина	Категория степени патогенности условий	Курортологическая оценка, баллы
Оценка территории городской зоны Южно-Сахалинска = $6/4 = 1.5$ балла – относительно благоприятно			
Радиационная обстановка	МАЭД = 0.12 мкЗв/ч	Низкая	3
Качество атмосферного воздуха	IV градация – соответствует очень высокому уровню загрязнения	Загрязнение высокое	1
Качество поверхностных вод р. Сусуя	4-й класс, разряд Б, грязная	Загрязнение высокое	0
Качество городского озеленения	По визуальной оценке, присутствует высокое разнообразие видов городского озеленения, однако площадь защитного озеленения городских автотрасс недостаточна	В целом благоприятные условия	2
Оценка территории экотропы “Восьмерка” = $13/5 = 2.6$ балла – особо благоприятно			
Радиационная обстановка	МАЭД = 0.12 мкЗв/ч	Загрязнение низкое	3
Качество атмосферного воздуха	КУИ = 0.26–1.12	Качество приземной атмосферы высокое	3
		Загрязнение низкое, локально слабо загрязнено природными частицами	2
Качество поверхностных вод (ручьи и родники)	2-й класс – слабо загрязненная	Загрязнение относительно низкое	2
Качество лесного озеленения	По визуальной оценке, присутствует высокое разнообразие видов лесной растительности	В лесных массивах благоприятные экологические условия	3

(см. табл. 10), суммарная оценка их курортологической ценности – 82 балла. Потенциал = $82/38 = 2.16$ балла – 1 ранг.

Экологическая обстановка на терренкуре “Восьмерка” оценивалась по материалам Государственных докладов и документов об экологическом состоянии окружающей среды в Южно-Сахалинске⁴, а также данных непосредственных наблюдений (см. рис. 2, рис. 3). Экологический потенциал территории терренкура “Восьмерка” (табл. 11) оценен как высокий (2.6 балла).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, благоприятное сочетание модулей орографии с рекреационным потен-

циалом – 2.83 балла (1 ранг – уникум) в сочетании с высокой курортологической оценкой растительности леса (2.5 балла), высоко эстетическими горными природными панорамами (2.0 баллов), повышенным биоклиматическим потенциалом территории (2.16 баллов) сформировали на территории терренкура благоприятные природные условия для организации оздоровительного туризма во все сезоны года (тренировки ходьбой, природной фитотерапии, ландшафтной релаксации, сбора лесных даров, спортивных тренировок, зимних видов оздоровительного туризма).

Было рассмотрено 76 природных индикаторов (ландшафт, биоклимат, экологическое состояние окружающей среды), суммарная оценка

⁴ Государственный доклад “О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Сахалинской области в 2021 году”. Южно-Сахалинск: Управление Роспотребнадзора по Сахалинской области, 2022. 198 с.

которых составила 173 балла, а интегрального ландшафтно-климатического потенциала терренкура “Восьмерка” — $173/76 = 2.28$ балла, что соответствует благоприятной местности с высоким лечебно-оздоровительным потенциалом с достаточными условиями для организации курортного климатолечения и ландшафто-терапии, а также для организации мероприятий по оздоровительному туризму и активной рекреации.

Выявленные элементы рекреационного ландшафта и биоклимата могут выступать в качестве главного природного лечебного ресурса.

Используемая в работе методика оценки ландшафтно-климатического потенциала, применяемая на протяжении многих лет на территории Кавказских Минеральных вод (Поволоцкая и др., 2021), может использоваться в целях создания рекреационно-оздоровительной среды в других регионах России, что в данном случае показано на примере г. Южно-Сахалинска.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена по договору № 123-22 от 24 февраля 2022 г. с ОАУ «Спортивно-туристический комплекс “Горный воздух”» на выполнение НИР «Оценка ландшафтно-климатического потенциала рекреационных пешеходных маршрутов СТК “Горный воздух” Сахалинской области».

FUNDING

The research was conducted in accordance with the Agreement no. 123-22, February 24, 2022, made with the “Gornyi Vozdukh” (Mountain Air) Sports and Tourist Complex for carrying out the Research Project “Estimation of the landscape and climatic potential of recreational walking routes in the “Gornyi vozdukh” Sports and Tourist Complex of the Sakhalin Oblast”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Васильева А.Г., Чирикова Н.К. Биологически активные вещества хвои Кедрового стланика (*Pinus Pumila* (Pall.) Regel) // Медико-фармацевтический журнал “Пульс”. 2020. № 22 (7). С. 68–72.
DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2020-22-7-68-72
- Гармс Е.О., Сухова М.Г., Ромашова Т.В. Рекреационная оценка биоклимата трансграничной территории Алтая // Вестн. Томск. гос. ун-та. 2013. № 370. С. 148–155.
- Ефименко Н.В., Поволоцкая Н.П., Кайсинова А.С. Методика курортологической оценки лесопарковых ландшафтов горных территорий для целей климатоландшафто-терапии при курортном лечении контингента, подлежащего обслуживанию ФМБА России: пособие для врачей. Пятигорск, 2015. 26 с.
- Ефименко Н.В., Жерлицина Л.И., Поволоцкая Н.П., Товбушенко Т.М., Трубина М.А., Кириленко А.А., Сеник И.А. Системный подход к использованию гелиогеофизических факторов в подготовке медицинского прогноза погоды для федеральных курортов Кавказских Минеральных Вод: XIII Международная Крымская конф. “Космос и биосфера” / Симферополь: ИТ АРИАЛ, 2019. С. 64–67.
- Здоровье населения России: влияние окружающей среды в условиях изменяющегося климата. Коллективная монография / под общ. ред. А.И. Григорьева. РАН. М.: Наука, 2014. 428 с.
- Корягина Ю.В., Поволоцкая Н.П., Нопин С.В., Тер-Акопов Г.Н., Попов А.Н. Ландшафтно-климатический потенциал оздоровительного маршрута терренкура “Детская тропа” г. Южно-Сахалинск // Современные вопросы биомедицины. 2022. Т. 6. № 3 (20). DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_03_31
- Поволоцкая Н.П. Функциональная специализация и климато-ландшафтный потенциал парков в особо охраняемом эколого-курортном регионе Российской Федерации — КМВ // Актуальные проблемы развития КМВ: общенациональный, региональный и муниципальный аспекты. Пятигорск: ПГЛУ, 2011. С. 95–114.
- Поволоцкая Н.П., Слепых В.В., Жерлицина Л.И., Просольченко А.В., Трубина М.А., Уткин В.А., Кортунова З.В., Кириленко А.А., Сеник И.А. Методика оценки ландшафтно-климатического потенциала курортов и лечебно-оздоровительных местностей: Методические рекомендации ФМБА России № 13. Пятигорск: ФМБА России: ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, 2021. 39 с.
- Русанов В.И. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1981. 86 с.
- Смирнова С.А. Биоклиматический паспорт лечебно-оздоровительной местности: метод. Рекомендации. РНЦРиФ Минздрава России. М., 1997. 16 с.
- Справочник по физической географии Сахалинской области. Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное издательство, 2003. 112 с.
- Уйба В.В. Курортология Кавказских Минеральных Вод. Пятигорск, 2010. Т. 1. 353 с.
- Ушакова Е.О., Цой М.Е. Разработка методического подхода к оценке туристско-рекреационного потенциала региона // Сервис в России и за рубежом. 2017. Т. 11. № 4. С. 18–34.
DOI: 10.22412/1995-042X-11-4-2
- Швер Ц.А., Лазарева Д.Ф. Климат Южно-Сахалинска. Ленинград: Гидрометиздат, 1982. 256 с.
- Al Mamun A., Mitra S.A. Methodology for Assessing Tourism Potential: Case Study Murshidabad District. West Bengal, India // Int. J. of Scientific and Research Publications. 2012. № 2 (9). P. 1–8.
- Cristache N., Soare I., Nastase M., Antohi V. Integrated approach of the entrepreneurial behaviour in the tourist sector from disadvantaged mountain areas from

- Romania // *Environ. Dev. Sustain.* 2022. № 24 (4). P. 5514–5530.
DOI: 10.1007/s10668-021-01669-6
- Debarbieux B., Oiry V.M., Rudaz G., Maselli D., Kohler T., Jurek M. *Tourism in Mountain Regions: Hopes, Fears and Realities*. Geneva: UNIGE, CDE, SDC, 2014. 108 p.
- Demirovic D., Radovanovic M., Petrovic M., Cimbaljevic M., Vuksanovic N., Vukovic D. Environmental and Community Stability of a Mountain Destination: An Analysis of Residents' Perception // *Sustainability*. 2018. № 10. P. 70.
DOI: 10.3390/su10010070
- Jiang Z. A Review of Mountain Tourism Environment Research // *J. Chongqing Norm. Univ. (Nat. Sci.)*. 2007. № 24. P. 77–81.
- Mutana S., Mukwada G. An Exploratory Assessment of Significant Tourism Sustainability Indicators for a Montane-Based Route in the Drakensberg Mountains // *Sustainability*. 2017. № 9. P. 1202.
DOI: 10.3390/su9071202
- Río-Rama M., Maldonado-Erazo C., Durán-Sánchez A., Álvarez-García J. Mountain Tourism Research. A Review // *European J. of Tourism Research*. 2019. № 22. P. 130–150.
- Tian M. Hotspots, progress and enlightenments of foreign mountain tourism research // *World Reg. Stud.* 2020. № 29. P. 1071–1081.
- Xie Z. Research progress on land use and cover change of domestic mountain tourism destination // *J. Henan Univ.* 2015. № 45. P. 7.
- Zeng L., Li R.Y.M., Nuttapong J., Sun J., Mao Y. Economic Development and Mountain Tourism Research from 2010 to 2020: Bibliometric Analysis and Science Mapping Approach // *Sustainability*. 2022. № 14 (1). P. 562.
DOI: 10.3390/su14010562

Evaluation of Landscape and Climatic Potential of the Mountain Part of Yuzhno-Sakhalinsk for the Purposes of Health Tourism and Terrain Cure

Yu. V. Koryagina^{a, *}, N. P. Povolotskaya^a, S. V. Nopin^a,
G. N. Ter-Akopov^a, and A. N. Popov^a

^aNorth Caucasian Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Yessentuki, Russia

*e-mail: nauka@skfmba.ru

The study expands the possibilities of developing health tourism and terrain cure in Yuzhno-Sakhalinsk, Russia. There is a growing demand for domestic tourism, but the most famous tourist destinations are full. In this case, the development of other tourist destinations is relevant. Research into the landscape and climatic potential of the Susunai Ridge in Yuzhno-Sakhalinsk for the creation of the “Vos’merka” terrain cure route revealed an unusual combination of recreational landscape elements (2.48 points) with favourable mountain orography (2.83 points) and rich flora, valuable phytorecources (2.5 points), high landscape and aesthetic quality of natural views (2 points), moderate bioclimatic mode of the area in terms of loads (2.16 points), unique on purity of the surface atmosphere and environmental ecological conditions (2.6 points), which integratively provide prospects for the development of summer and winter types of health tourism. When comparing heterogeneous indices of bioclimate and recreational landscape, we applied the method of scoring qualitative attributes used in resortology and recreational geography.

Keywords: natural healing resources, terrain cure, recreation, ecological observations, bioclimate, tourism

REFERENCES

- Al Mamun A., Mitra S.A. Methodology for Assessing Tourism Potential: Case Study Murshidabad District, West Bengal, India. *Int. J. Sci. Res. Publ.*, 2012, vol. 9, no. 2, pp. 1–8.
- Cristache N., Soare I., Nastase M., Antohi V. Integrated approach of the entrepreneurial behaviour in the tourist sector from disadvantaged mountain areas from Romania. *Environ. Dev. Sustain.*, 2022, vol. 24, no. 4, pp. 5514–5530.
<https://doi.org/10.1007/s10668-021-01669-6>
- Debarbieux B., Oiry V.M., Rudaz G., Maselli D., Kohler T., Jurek M. *Tourism in Mountain Regions: Hopes, Fears and Realities*. Geneva: UNIGE, CDE, SDC, 2014. 108 p.
- Demirovic D., Radovanovic M., Petrovic M., Cimbaljevic M., Vuksanovic N., Vukovic D. Environmental and Community Stability of a Mountain Destination: An Analysis of Residents' Perception. *Sustain.*, 2018, vol. 10, no. 1, art. 70.
<https://doi.org/10.3390/su10010070>
- Efimenko N.V., Povolotskaya N.P., Kaisinova A.S. *Metodika kurortologicheskoi otsenki lesoparkovykh landshaftov gornykh territorii dlya tselei klimatolandshaftoterapii pri kurortnom lechenii kontingenta, podlezhashchego obsluzhivaniyu FMBA Rossii: posobie dlya vrachei* [Method of Health Resort Assessment of Forest Landscapes of Mountain Territories for the Purposes of Climate and Landscape Therapy in the Resort Treatment of the Contingent to be Serviced by the Federal Medical and Biological Agency of Russia: a Manual for Physicians]. Pyatigorsk: PNIK Publ., 2015. 26 p.
- Efimenko N.V., Zherlitsina L.I., Povolotskaya N.P., Tovbushenko T.M., Trubina M.A., Kirilenko A.A., Senik I.A. System approach to the use of heliogeophysi-

- cal factors in the preparation of the medical forecast for weather of federal resorts of Caucasian Mineral Water. In *Materialy XIII Mezhdun. Krymskoi konf. "Kosmos i biosfera"* [Proc. of the 13th Int. Conf. "Space and Biosphere"]. Simferopol: IT ARIAL Publ., 2019, pp. 64–67. (In Russ.).
- Garms E.O., Sukhova M.G., Romashova T.V. Recreational bioclimate assessment of the Altai transboundary territory. *Vestn. Tomsk. Gos. Univ.*, 2013, no. 370, pp. 148–155. (In Russ.).
- Jiang Z. A Review of Mountain Tourism Environment Research. *J. Chongqing Norm. Univ. Nat. Sci.*, 2007, no. 24, pp. 77–81.
- Koryagina Yu.V., Povolotskaya N.P., Nopin S.V., Ter-Akopov G.N., Popov A.N. Landscape and climatic potential of the health route of the "Detskaya tropa" terrain cure walking path in Yuzhno-Sakhalinsk. *Sovrem. Vopr. Biomed.*, 2022, vol. 6, no. 3. (In Russ.). https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_03_31
- Mutana S., Mukwada G. An Exploratory Assessment of Significant Tourism Sustainability Indicators for a Montane-Based Route in the Drakensberg Mountains. *Sustain.*, 2017, vol. 9, no. 7, art. 1202. <https://doi.org/10.3390/su9071202>
- Povolotskaya N.P. Functional specialization, climate, and landscape potential of parks in the specially protected ecological and resort region of the Russian Federation – Caucasian Mineral Waters. In *Aktual'nye problemy razvitiya KMV: obshchenatsional'nyi, regional'nyi i munitsipal'nyi aspekty* [Relevant Issues of Developing CMW: National, Regional and Municipal Aspects]. Pyatigorsk: PGLU Publ., 2011, pp. 95–114. (In Russ.).
- Povolotskaya N.P., Slepikh V.V., Zherlitsina L.I., Prosol'chenko A.V., Trubina M.A., Utkin V.A., Kortunova Z.V., Kirilenko A.A., Senik I.A. *Metodika otsenki landshaftno-klimaticheskogo potentsiala kurortov i lechebno-ozdorovitel'nykh mestnostei: Metodicheskie rekomendatsii FMBA Rossii №13* [Method for Assessing Landscape and Climatic Potential of Resorts and Health Areas: Methodological Guidelines of the FMBA of Russia No. 13]. Pyatigorsk: SKFNKTs FMBA Rossii, 2021. 39 p.
- Río-Rama M., Maldonado-Erazo C., Durán-Sánchez A., Álvarez-García J. Mountain Tourism Research. A Review. *Eur. J. Tour. Res.*, 2019, vol. 22, pp. 130–150.
- Rusanov V.I. *Kompleksnye meteorologicheskie pokazateli i metody otsenki klimata dlya meditsinskikh tselei* [Comprehensive Meteorological Indices and Methods of Evaluating Climate for Medical Purposes]. Tomsk: Izd-vo Tomsk. Univ., 1981. 86 p.
- Shver Ts.A., Lazareva D.F. *Klimat Yuzhno-Sakhalinska* [Climate in Yuzhno-Sakhalinsk]. Leningrad: Gidrometizdat Publ., 1982. 256 p.
- Smirnova S.A. *Bioklimaticheskii pasport lechebno-ozdorovitel'noi mestnosti: metodicheskie rekomendatsii* [Bioclimatic Profile of Health Area: Methodological Guidelines]. Moscow: RNTsRiF Minzdrava Rossii, 1997. 16 p.
- Spravochnik po fizicheskoi geografii Sakhalinskoi oblasti* [Handbook of Physical Geography of the Sakhalinsk Oblast]. Yuzhno-Sakhalinsk: Sakhalinskoe Knizhnoe Izd-vo, 2003. 112 p.
- Tian M. Hotspots, progress and enlightenments of foreign mountain tourism research. *World Reg. Stud.*, 2020, vol. 29, pp. 1071–1081.
- Uiba V.V. *Kurortologiya Kavkazskikh Mineral'nykh Vod. T. I* [Resortology of Caucasian Mineral Waters. Vol. 1]. Pyatigorsk, 2010. 353 p.
- Ushakova E.O., Tsoi M.E. Assessing the tourism and recreational potential of the region: a methodological approach. *Servis Ross. Rubezh.*, 2017, vol. 11, no. 4, pp. 18–34. (In Russ.). <https://doi.org/10.22412/1995-042X-11-4-2>
- Vasil'eva A.G., Chirikova N.K. Biologically active substances of Pinus Pumila (Pall.) Regel leaves. *Med.-Farm. Zh. Pulse*, 2020, vol. 22, no. 7, pp. 68–72. (In Russ.). <https://doi.org/10.26787/nyha-2686-6838-2020-22-7-68-72>
- Xie Z. Research progress on land use and cover change of domestic mountain tourism destination. *J. Henan Univ.*, 2015, vol. 45, art. 7.
- Zdorov'e naseleniya Rossii: vliyanie okruzhayushchei sredy v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata. *Kollektivnaya monografiya* [Health of the Russian Population: Environmental Impact in the Context of a Changing Climate. Collective Monograph]. Grigoriev A.I., Ed. Moscow: Nauka Publ., 2014. 428 p.
- Zeng L., Li R.Y.M., Nuttapong J., Sun J., Mao Y. Economic Development and Mountain Tourism Research from 2010 to 2020: Bibliometric Analysis and Science Mapping Approach. *Sustain.*, 2022, vol. 14, no. 1, art. 562. <https://doi.org/10.3390/su14010562>

ОСОБЕННОСТИ РАССЕЛЕНИЯ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА “ВАЛДАЙСКИЙ”

© 2024 Е. А. Белоновская^{1, *}, А. А. Тишков¹, Н. Г. Царевская¹, И. Г. Хмельщиков²

¹Институт географии РАН, Москва, Россия

²Национальный парк “Валдайский”, Валдай, Россия

*e-mail: belena@igras.ru

Поступила в редакцию 15.08.2023 г.

После доработки 24.12.2023 г.

Принята к публикации 26.12.2023 г.

Проведен анализ инвазий сосудистых растений в природные экосистемы, а также в придорожные фитоценозы Национального парка “Валдайский” (Новгородская обл.) с целью оценки рисков инвазий чужеродных видов в связи с продолжающимся расширением транспортной инфраструктуры территории. Мониторинговые исследования осуществлялись ежегодно с 2005 г. стандартными геоботаническими методами вдоль действующих, модернизируемых и новых линейных сооружений на территории и в буферной зоне парка. Выявлено, что сложившаяся веками лесо-поле-луговая структура растительного покрова и состав флоры парка оказались достаточно устойчивы к внедрению чужеродных видов. Состав и доля участия чужеродного компонента во флоре национального парка составляет 18% (133 вида из 42 семейств). При этом роль транспортной инфраструктуры в распространении чужеродных видов значительна: около 40–50% адвентивной флоры (около 50–70 видов) приурочены к железным и автомобильным дорогам; по составу флоры можно определить вектор распространения — с юго-востока и юга на север и северо-запад. Для снижения рисков инвазий чужеродных видов сосудистых растений и сохранения уникального аборигенного флористического комплекса необходимы специальные регламенты развития транспортной инфраструктуры на территории национального парка.

Ключевые слова: инвазии, чужеродные виды растений, транспортная инфраструктура, придорожный флористический комплекс, особо охраняемые природные территории, Национальный парк “Валдайский”

DOI: 10.31857/S2587556624010053, EDN: GLKUZN

ВВЕДЕНИЕ

Изучение инвазий чужеродных видов и их последствий для биоразнообразия и структуры природных экосистем — одна из задач современной биогеографии (Biological ..., 1989; Ryšek et al., 2022; Wagner et al., 2017; и др.). Особое внимание в ее решении уделяется анализу ситуации с расселением чужеродных видов сосудистых растений на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) и оценке рисков их внедрения в природные экосистемы. Вероятность появления на ООПТ ядовитых и аллергенных видов растений представляет опасность как для местного населения, так и для туристов (Сосудистые ..., 2018). Установленный федеральным законодательством (N 33-ФЗ) природоохранный режим должен исключать риски инвазий

и любые формы трансформации флоры и растительности на ООПТ. Однако, в случае создания и функционирования такой категории ООПТ, как национальные парки, риски инвазий чужеродных растений существенно возрастают (например, по сравнению с заповедниками), особенно при расширении транспортной и рекреационной инфраструктуры и при рекомендуемом национальным проектом “Экология” (2019–2024 гг.) увеличении количества посетителей.

По материалам базы данных лаборатории биогеографии Института географии РАН “Чужеродные виды растений Европейской части России” (регистрация в Роспатенте № 2011620495) выявлено, что в той или иной степени чужеродные виды присутствуют на всех ООПТ. Их доля может

меняться от 1.9% (Баргузинский заповедник) до 21.7% (Дунайские плавни) (Соколов и др., 1997).

Национальный парк “Валдайский” (НПВ) — не исключение. Его срединное положение между двумя столицами — Санкт-Петербургом и Москвой, островной характер существования относительно малонарушенного крупного лесного массива, развитость транспортной сети и рекреационная привлекательность создают высокие риски для инвазий чужеродных растений.

Территория НПВ — район древнего хозяйственного освоения, где сложившаяся веками лесо-поле-луговая структура растительного покрова и состав флоры оказались достаточно устойчивы к внедрению чужеродных видов. Замедлению темпов инвазий сосудистых растений способствовали режим охраны, восстановление растительности на аграрных землях и умеренное рекреационное использование: 15–20 тыс. туристов в год на приозерных стоянках и сравнительно короткий рекреационный период (1–2 летних месяца) (Белоновская и др., 2019).

В конспект флоры чужеродных видов Верхневолжского региона включили около 770 видов (Борисова, 2008). По литературным данным она в целом, включая адвентивную флору Валдая, резко отличается от аборигенной (южно-таежной) и сходна с флорами более аридных континентальных территорий. Это отмечают и другие авторы, проводящие синтез данных по адвентизации аборигенных флор в целом и инвазиям чужеродных видов растений староосвоенных регионов Европейской России (Морозова, 2003; Морозова и др., 2008; Морозова, Царевская, 2010; Сосудистые ..., 2018). Причины данного феномена связаны с тем, что местообитания выявляемой чужеродной флоры в границах НПВ более сухие, дренированные и безлесные, к ним относятся осыпи автомобильных и железных дорог, селитебные земли, пустыри и пр.

Начавшиеся в последнее время расширение и реконструкция внутренней дорожной сети парка, функционирование федеральных транспортных коридоров (автомобильных и железнодорожных трасс) непосредственно в центре и вдоль северных границ парка, прокладка ЛЭП и пр. ведут к увеличению рисков расселения чужеродных растений по территории парка. Этому способствует и возрастание рекреационных нагрузок на традиционных и новых местах стоянок туристов, что может стать еще одним фактором распространения чужеродных видов (Царевская и др., 2021).

Цель настоящей статьи — оценить риски инвазий чужеродных видов сосудистых растений в охраняемые природные экосистемы территории Национального парка “Валдайский” в связи с расширением транспортной инфраструктуры.

РАЙОН, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Национальный парк “Валдайский” создан в 1990 г. на площади 158.5 тыс. га в границах Демянского (12%), Валдайского (62%) и Окуловского (26%) районов Новгородской области. Парк включил территории и акватории, имевшие до объявления здесь ООПТ различный природоохранный статус (заказников, памятников природы, рекреационных зон и пр.) и мало вовлеченные в аграрное и промышленное производство. В границах парка (не на его территории!) находится 151 населенный пункт (в том числе г. Валдай) с населением около 36 тыс. человек, в летний сезон эта цифра увеличивается более чем в два раза за счет отдыхающих и туристов (Белоновская и др., 2019).

НПВ располагается в северной части Валдайской возвышенности, в области распространения южно-таежных и хвойно-широколиственных лесов. В структуре растительного покрова преобладают еловые, сосновые и березовые леса, верховые и переходные болота, водораздельные луга. На территории парка располагается более 200 озер, среди которых наиболее крупные — Велье, Валдайское, Ужин, Боровно и др. Они в разные годы находились в состоянии подпора и включаются в Верхневолжскую и Невско-Ладожскую водные системы. Наряду с истоками Днепра (бассейн Черного моря), расположенными также на Валдайской возвышенности, реки и озера, относящиеся к бассейнам Балтийского и Каспийского морей, рассматриваются как водные пути инвазий чужеродных видов растений (Белоновская и др., 2014).

Анализ рисков расселения чужеродных видов сосудистых растений в национальном парке проводится авторами ежегодно с 2005 г. вдоль действующих, модернизируемых и новых линейных сооружений на его территории и в буферной зоне. В границы последней попадают ветка Октябрьской железной дороги Москва—Таллин, участок новой трассы скоростной автомобильной магистрали М-11 Москва—Санкт-Петербург, автомобильная дорога Валдай—Угловка по трассе строительства железнодорожной ветки необщего пользования Валдай—Долгие Бороды, региональные асфальтированные дороги, соединяющие районные центры и крупные поселения; локальные проселочные, главным образом, грунтовые дороги между населенными пунктами национального парка; лесные дороги (дороги, проложенные в лесных массивах для лесоустроительных или рекреационных целей); Большая Валдайская экологическая тропа и др.

Под риском инвазий чужеродных видов в случае ООПТ и конкретно НПВ понимается

вероятность распространения чужеродных видов в охраняемые природные экосистемы и возможность соответствующих неблагоприятных последствий.

Во время исследований проводилась геолокализация мест флористических находок с помощью GPS, сборы гербарного материала, картографирование, количественные оценки обилия выявленных ботанических объектов. Названия растений приведены по изданию “Сосудистые растения России и сопредельных государств” (Черепанов, 1995).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Расселение чужеродных видов растений по территории национального парка происходит разными способами. Большую роль в этом процессе играют водоемы, тем более озера и реки парка практически все соединены, как указывалось ранее, в единые водные системы. В настоящее время увеличиваются площади селитебных земель под постройку гостевых домов и дачных построек на бывших землях сельскохозяйственного назначения. Быстрыми темпами развивается транспортная сеть: расширяются старые и строятся новые автомобильные магистрали и железнодорожные пути. В результате территория парка пронизана в разных направлениях автомобильными дорогами, как с покрытием, так и без покрытия, по железной дороге осуществляются пассажирские и грузовые перевозки. Расширение сети автомобильных и железнодорожных дорог, просек, ЛЭП, газопроводов и т.п. на территории НПВ показано в табл. 1.

Таблица 1. Развитие линейных сооружений (дороги, просеки, ЛЭП и т.п.) на территории Национального парка “Валдайский”

Год	Площадь, занятая линейными сооружениями	
	общая, га	% от всей площади парка
1990	1800	1.2
2017	2245	1.5
2021	2400	1.6

Составлено по: Кадастровые сведения о Национальном парке “Валдайский” за 2013–2016 гг. Валдай, 2017. 101 с.; оценки авторов на 2021 г.

Территорию НПВ пересекают железные и автомобильные дороги, основные параметры которых представлены в табл. 2.

Таким образом, при общей протяженности около 600 км, средняя густота дорожной сети парка – 0.23 км/км². Это в 3 раза выше, чем в среднем по России.

Как показывают проведенные исследования, по обочинам дорог, где наблюдается изменение условий обитания: отсутствие затенения, возрастание увлажнения и мощности снежного покрова зимой, происходит постепенная трансформация природных растительных сообществ. Именно здесь, помимо риска нарушения целостности и фрагментации коренной растительности, появляются наиболее благоприятные условия для проникновения (заноса и натурализации) чужеродных видов растений. Степень вероятности инвазий зависит от категории дороги, качества ухода за придорожными полосами и присутствием источника чужеродных видов

Таблица 2. Параметры основных типов автомобильных дорог и их представленность в границах Национального парка “Валдайский” (по ГОСТу Р 52399–2005)

Тип дороги	Число полос/колея	Ширина проезжей части, м	Земляное полотно, м	Ширина придорожной полосы, м	Протяженность в границах парка, км	Площадь в границах парка, га
Железные дороги общего пользования	1	1 колея		50	40 + 16	280
Железная дорога необщего пользования	1	1 колея		30	18	72
Федеральные (из них автомагистраль или скоростные дороги)	4 и более	16	18	50	34	231 (170)
Региональные (из них дороги обычного типа)	2	6	10	15 × 2 = 30	18	72 (54)
Локальные (из них проселочные дороги)	2	6	8	10	476	857 (476)
Лесные дороги	1	5	5	н/д	н/д	н/д
Итого (из них автомагистраль или скоростные дороги, дороги обычного типа, проселочные дороги)					более 602	Более 1440 (980)

в населенных пунктах, между которыми проложена дорога.

Флора НПВ насчитывает 746 видов сосудистых растений из 96 семейств (Морозова и др., 2010), на долю чужеродных видов приходится 18% (133 вида из 42 семейств). Собственно опасные (Сосудистые ..., 2018) чужеродные виды сосудистых растений не имеют широкого распространения на землях, принадлежащих парку. Их распространение в основном ограничено придорожными полосами, селитебными зонами и землями сельскохозяйственного назначения (Морозова и др., 2010; Царевская и др., 2021). Преобладают виды преднамеренно занесенные или интродуцированные, но более или менее одичавшие. Основную массу составляют виды, отмечаемые единично или встречающиеся редко, но ряд видов, такие как *Conyza canadensis*, *Heracleum sosnowskyi*, *Galeopsis ladanum*, *Galeopsis speciosa*, *Galeopsis tetrahit*, *Elodea canadensis*, *Impatiens glandulifera* относятся к часто встреча-

емым. Характерные местообитания чужеродных видов – сады, парки, улицы населенных пунктов, обочины дорог, поля, водоемы и т.д. На территории бывшего дендропарка, заложенного на берегу 2-го плеса оз. Валдайское в 1969 г. и в настоящее время заброшенного, выявлено только 38 видов древесных интродуцентов (из 79, высаженных в 1969–1970 гг.). Остатки насаждений дендропарка около 20 лет развиваются без участия со стороны человека.

Вдоль дорог в границах парка наиболее часто встречаются 112 аборигенных видов растений из 28 семейств, а также 46 видов адвентивной флоры из 18 семейств.

По материалам табл. 3 видно, что три ведущих места в спектре семейств как адвентивных, так и аборигенных видов, принадлежат *Asteraceae*, *Poaceae* и *Brassicaceae*. Семейства *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Polygonaceae* и *Salicaceae* занимают примерно одинаковые позиции в спектрах обеих групп. Семейство *Caryophyllaceae*, которое

Таблица 3. Флористические спектры адвентивных и аборигенных видов растений Национального парка “Валдайский”

Адвентивные виды		Аборигенные виды	
Семейство	Число видов	Семейство	Число видов
<i>Asteraceae</i>	8	<i>Asteraceae</i>	18
<i>Poaceae</i>	8	<i>Poaceae</i>	13
<i>Brassicaceae</i>	7	<i>Brassicaceae</i>	9
<i>Fabaceae</i>	5	<i>Caryophyllaceae</i>	8
<i>Lamiaceae</i>	3	<i>Fabaceae</i>	8
<i>Polygonaceae</i>	2	<i>Polygonaceae</i>	6
<i>Salicaceae</i>	2	<i>Apiaceae</i>	5
<i>Juncaceae</i>	1	<i>Lamiaceae</i>	5
<i>Aceraceae</i>	1	<i>Salicaceae</i>	5
<i>Apiaceae</i>	1	<i>Cyperaceae</i>	4
<i>Caryophyllaceae</i>	1	<i>Geraniaceae</i>	4
<i>Linaceae</i>	1	<i>Scrophulariaceae</i>	4
<i>Onagraceae</i>	1	<i>Juncaceae</i>	3
<i>Papaveraceae</i>	1	<i>Rosaceae</i>	3
<i>Ranunculaceae</i>	1	<i>Campanulaceae</i>	2
<i>Rosaceae</i>	1	<i>Onagraceae</i>	2
<i>Sambucaceae</i>	1	<i>Ranunculaceae</i>	2
<i>Scrophulariaceae</i>	1	<i>Equisetaceae</i>	1
		<i>Betulaceae</i>	1
		<i>Boraginaceae</i>	1
		<i>Chenopodiaceae</i>	1
		<i>Convolvulaceae</i>	1
		<i>Dipsacaceae</i>	1
		<i>Fumariaceae</i>	1
		<i>Plantaginaceae</i>	1
		<i>Rubiaceae</i>	1
		<i>Urticaceae</i>	1
		<i>Violaceae</i>	1
Всего	46		112

Таблица 4. Флористический спектр адвентивных видов в Национальном парке “Валдайский” и на придорожных полосах, %

Адвентивные виды (участие видов в %)			
Семейство	Экосистемы парка	Семейство	Придорожные полосы
<i>Poaceae</i>	7.5	<i>Asteraceae</i>	17.4
<i>Rosaceae</i>	6.8	<i>Poaceae</i>	17.4
<i>Apiaceae</i>	4.5	<i>Brassicaceae</i>	15.2
<i>Brassicaceae</i>	3.8	<i>Fabaceae</i>	10.9
<i>Asteraceae</i>	3.0	<i>Lamiaceae</i>	6.5
<i>Fabaceae</i>	3.0	<i>Polygonaceae</i>	4.3
<i>Salicaceae</i>	3.0	<i>Salicaceae</i>	4.3
<i>Solanaceae</i>	1.5	<i>Juncaceae</i>	2.2
<i>Pinaceae</i>	1.5	<i>Aceraceae</i>	2.2
<i>Papaveraceae</i>	1.5	<i>Apiaceae</i>	2.2

Составлено по: (Морозова и др., 2010; уточнения авторов).

у аборигенных видов находится в начале списка, у адвентивных видов перемещается ближе к середине. Такие семейства, как *Aceraceae*, *Linaceae*, *Papaveraceae*, *Sambucaceae* отсутствуют в списке аборигенных видов, но представлены в списке адвентивных видов. И, наоборот, сем. *Cyperaceae*, *Geraniaceae*, *Campanulaceae* из списка аборигенных видов отсутствуют среди адвентивных. Таким образом, спектры семейств аборигенных и адвентивных видов, произрастающих в придорожных сообществах, несколько различаются.

Если сравнить соотношение адвентивных и аборигенных видов среди 10 ведущих семейств в придорожных сообществах и во флоре всего парка, то из данных (табл. 4) видно, что в целом в спектре чужеродных видов в придорожных сообществах возрастает доля сем. *Asteraceae*, падает доля сем. *Apiaceae*, появляются представители сем. *Lamiaceae*, *Polygonaceae*, *Juncaceae*, *Aceraceae*.

При сравнении доли участия аборигенных видов (табл. 5) также видно изменение роли отдельных семейств (*Asteraceae*, *Apiaceae*), выпадение одних (*Rosaceae*, *Solanaceae*, *Pinaceae*, *Papaveraceae*), появление других семейств (*Juncaceae*).

Проведенный анализ подтверждает, что придорожные сообщества формируют специфический комплекс растительности, для которого характерен определенный флористический состав. В нем преобладают виды аборигенной флоры (некоторые из них – сорные) – *Achillea millefolium*, *Aegopodium podagraria*, *Alopecurus pratensis*, *Anthriscus sylvestris*, *Artemisia vulgaris*, *Bromopsis inermis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Centaurea jacea*, *Cirsium arvense*, *Cirsium vulgare*, *Dactylis glomerata*, *Elytrigia repens*, *Equisetum arvense*, *Hieracium umbellatum*, *Knautia arvensis*, *Leucanthemum vulgare*, *Linaria vulgaris*, *Melilotus albus*, *Melilotus officinalis*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis*, *Pimpinella saxifraga*, *Polygonum aviculare*, *Solidago*

Таблица 5. Флористические спектры аборигенных видов в Национальном парке “Валдайский” и в его придорожных полосах

Аборигенные виды (участие видов в %)			
Семейство	Экосистемы парка	Семейство	Придорожные полосы
<i>Poaceae</i>	7.6	<i>Asteraceae</i>	16.1
<i>Asteraceae</i>	5.8	<i>Poaceae</i>	11.6
<i>Cyperaceae</i>	5.6	<i>Brassicaceae</i>	8.0
<i>Rosaceae</i>	4.6	<i>Caryophyllaceae</i>	7.1
<i>Caryophyllaceae</i>	3.9	<i>Fabaceae</i>	7.1
<i>Brassicaceae</i>	3.6	<i>Polygonaceae</i>	5.4
<i>Fabaceae</i>	3.5	<i>Apiaceae</i>	4.5
<i>Lamiaceae</i>	3.4	<i>Lamiaceae</i>	4.5
<i>Ranunculaceae</i>	3.2	<i>Salicaceae</i>	4.5
<i>Scrophulariaceae</i>	3.2	<i>Cyperaceae</i>	3.6

Составлено по: (Морозова и др., 2010; уточнения авторов).

virgaurea, *Tanacetum vulgare*, *Taraxacum officinale*, *Vicia cracca* и др.

Сформировавшийся на территории НПВ придорожный комплекс растительности довольно устойчив к проникновению адвентивных видов, здесь встречаются такие адвентивные виды, как *Acer negundo*, *Armoracia rusticana*, *Avena sativa*, *Brassica napus*, *Camelina sativa*, *Centaurea cyanus*, *Conyza canadensis*, *Echinochloa crusgalli*, *Erysimum hieracifolium*, *Galeopsis bifida*, *Heracleum sosnowskyi*, *Hordeum vulgare*, *Lamium purpureum*, *Lepidotheca suaveolens*, *Linum usitatissimum*, *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*, *Lupinus polyphyllus*, *Matricaria recutita*, *Medicago sativa*, *Oenothera rubricaulis*, *Papaver rhoeas*, *Populus suaveolens*, *Reynoutria sachalinensis*, *Salix fragilis*, *Saponaria officinalis*, *Secale cereale*, *Senecio vernalis*, *Setaria viridis*, *Solidago canadensis*, *Vicia sativa*. В списке преобладают травянистые однолетники. Виды, занесенные случайно — (ксенофиты) и интродуцированные, но “убежавшие” из культуры, составляют примерно одинаковую долю. По степени натурализации преобладают случайно занесенные растения, известные по отдельным находкам (эфемерофиты). Примерно одинаково представлены колонофиты и агриофиты.

Большинство видов встречаются редко (*Acer negundo*, *Echinochloa crusgalli*, *Linum usitatissimum*, *Lolium multiflorum*, *Matricaria recutita*, *Medicago sativa*, *Salix fragilis*, *Saponaria officinalis*, *Secale cereale*, *Senecio vernalis* и др.), многие представлены единичными находками (*Aconogon weyrichii*, *Artemisia austriaca*, *Papaver rhoeas*, *Populus suaveolens*, *Reynoutria sachalinensis*, *Sisymbrium loeselii*, *Solidago canadensis* и др.), но некоторые виды (*Heracleum sosnowskyi*, *Lupinus polyphyllus*) активно внедряются в придорожные растительные сообщества.

Несмотря на древность хозяйственного освоения, старую транспортную инфраструктуру, современная адвентивная флора национального парка отличается явным преобладанием нестабильного компонента, что свидетельствует о способности местной флоры и фитоценозов противостоять проникновению чужеродных видов.

Самый большой риск представляет продолжающееся расселение борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) на территории парка и на землях поселений в его границах. Из-за упадка сельскохозяйственного производства этот вид стал быстро расселяться сначала вблизи бывших полей, а затем и на значительном удалении от них, образуя моновидовые заросли на больших площадях. Как показывают результаты картирования встреч борщевика по территории парка (рис. 1), данный вид расселяется по дорогам между населенными пунктами, образуя мощные заросли на заброшенных полях. Например, начиная с полей д. Сковородка по проселочной грунтовой дороге до д. Новой, а затем вдоль ас-

фальтированной дороги от п. Угловка борщевик массово встречается по обочинам до д. Миронегги, которая расположена на трассе. На протяжении нескольких десятилетий сохраняются заросли этого интродуцированного вида на широких обочинах автомагистрали Москва—Санкт-Петербург и вдоль шоссе Валдай—Боровичи. В южной части национального парка борщевик также встречается по обочинам проселочных дорог вокруг оз. Полонец и оз. Селигер. Как показано на картах, борщевик произрастает в основном в окрестностях населенных пунктов, в хозяйственной и рекреационной зонах, но также он активно расселяется и в заповедной зоне, но пока не проникает под полог леса.

В пределах земель населенных пунктов, расположенных в границах парка (но не на его территории, что запрещено законом) предпринимались и предпринимаются попытки борьбы с борщевиком с помощью гербицидов, но пока безрезультатно. Семена борщевика Сосновского завязываются не только в результате перекрестного опыления, но и путем самоопыления. Ветром, вихрями, создаваемыми автомобильным и железнодорожным транспортом, временными и постоянными водными потоками (в связи с доминированием холмистого рельефа) они разносятся на большие расстояния. В последние годы в границах НПВ широко распространено выкашивание обочин вдоль автомобильных трасс, что не дает гарантии уничтожения вида, так как у него мощная корневая система, но, по крайней мере, исключает возможность обсеменения. Наблюдения 2021–2022 гг. показали, что систематическое выкашивание борщевика вдоль автотрасс (например, Валдай—п. Угловка) на протяжении всего вегетационного сезона все же препятствует распространению вида. К сожалению, такие покосы проводятся лишь на отдельных участках трасс, а эти мероприятия должны стать постоянными и повсеместными.

Другой пример сравнительно быстрого распространения и потенциальных рисков на территории НПВ — *Lupinus polyphyllus*. В целом этот вид здесь встречается довольно редко, но по нашим данным (Морозова и др., 2010) в Валдайском районе на территории заброшенного лесничества, где в 1970–1990-х годах базировался стационар Института географии РАН, люпин активно размножался и занял территорию бывшего огорода площадью примерно около 1 га. В настоящее время спустя 50 лет этот вид довольно часто встречается вдоль лесных дорог: от оздоровительного детского лагеря “Сказка” (6-й км автодороги Валдай—Боровичи) до бывшего лесничества и вдоль других лесных дорог. Эти дороги активно используются отдыхающими из детского лагеря и близлежащих баз отдыха. Именно человек сыграл здесь решающую роль в распространении

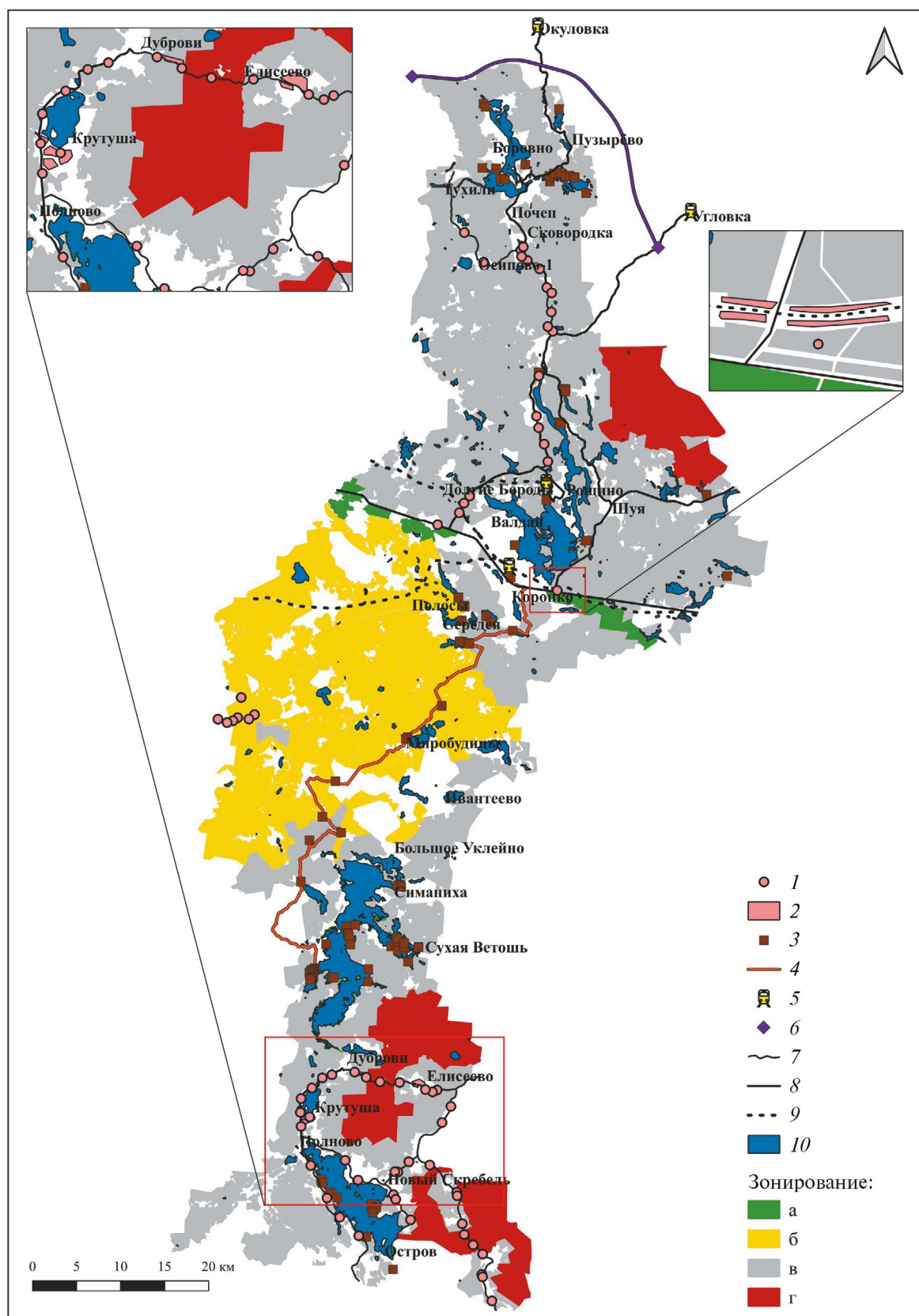


Рис. 1. Распространение борщевика Сосновского на территории Национального парка “Валдайский”: 1 – места встречи небольших популяций *Heracleum sosnowskyi*; 2 – места массового произрастания *Heracleum sosnowskyi*; 3 – туристические стоянки; 4 – Большая Валдайская тропа; 5 – железнодорожные станции; 6 – 408-й и 434-й км трассы федерального значения М-11; 7 – грунтовые/гравийные дороги районного значения; 8 – асфальтированные дороги областного значения; 9 – железные дороги; 10 – озера. Зонирование парка: а – хозяйственная зона; б – особо охраняемая зона; в – рекреационная зона; г – заповедная зона.

вида и внедрении его в естественные сообщества. В 2022 г. вид уже отмечен и вдоль экологической тропы “Бобровая”, по которой проходят массовые экскурсионные маршруты.

Acer negundo, который в других регионах и на ООПТ Европейской России представляет реальную угрозу как агрессивный вид, способный внедряться в естественные леса, на территории парка встречается сравнительно редко. На старых лесных дорогах вид не отмечен. Основные встречи — в центральной части НПВ в городской черте г. Валдай и в прилегающих населенных пунктах.

Исследования влияния рекреации на флору и растительность (Белоновская и др., 2019) и исследования флористического состава водораздельных лугов парка (Белоновская и др., 2016) показали, с одной стороны — высокий консерватизм состава флоры местных лугов, исключающих внедрение чужеродных видов, а с другой — отсутствие их массовой экспансии на рекреационные лесные участки (туристические стоянки) на ранних и средних стадиях рекреационной дигрессии, где на месте лесных синузид мохообразных и травянистых растений появляются некоторые луговые и сорные виды. Последнее позволяет заключить, что и лесные тропы, и дороги, и многолетние туристические стоянки не могут служить “зонами активного распространения” чужеродных видов в парке. Таким образом, функционирование Большой экологической тропы, созданной в 2020 г. и пересекающей территорию парка с юга на север на протяжении 59 км, при условии ее правильного эксплуатации также не должно ощутимо повлиять на экспансию чужеродных видов.

Начались наблюдения вдоль новой железнодорожной ветки необщего пользования Валдай—Долгие Бороды, на которой только к 2020 г. было завершено задернение откосов искусственными зимостойкими травяными смесями ЕСО1-ЕС04 (*Poa pratensis* s.l., *Bromopsis inermis*, *Lolium perenne*, *Melilotus officinalis*, *Agropyron cristatum*, *Elytrigia repens* и др.). Пока рано говорить о выживаемости посеянных трав и внедрении в состав формирующихся в полосе дороги сообществ заносных видов.

Роль транспортной инфраструктуры в распространении чужеродных видов очевидна: новые транспортные проекты парка “открывают ворота” для новых инвазий. Предварительная оценка показывает, что около 40–50% адвентивной флоры (около 50–70 видов) приурочено к железным и автомобильным дорогам, и по ее составу можно определить вектор распространения — с юго-востока и юга на север (например, Валдай—Боровичи) и северо-запад. Специфичность условий местных участков железных дорог, не испытывающих затенение со стороны высокоствольных валдайских лесов (в отличие от автотрасс) заключается в открытости, хоро-

шей прогреваемости и дренированности, что способствует успешному закреплению здесь более южных ксерофильных видов растений. Это отмечали и другие исследователи флоры железнодорожных путей (Бочкин, 1994).

Состав и доля участия чужеродных видов во флоре национального парка составляет 18% (133 вида из 42 семейств). Но эта доля, как показывает мониторинг адвентизации флоры региона, величина непостоянная, зависящая от степени исследованности территории, вовлечения ее в хозяйство, а в последние десятилетия и от развития транспортной и рекреационной инфраструктуры. Перспективы исследований здесь связаны с мониторингом “новой волны” чужеродных видов вдоль модернизированных автомобильных дорог, железнодорожной ветки “необщего пользования” Валдай—Долгие Бороды и Большой Валдайской экологической тропы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общая протяженность дорог Национального парка “Валдайский” — около 600 км, а средняя густота дорожной сети — 0.23 км/км². С момента его организации в 1990 г. площадь под транспортной инфраструктурой выросла с 1.2 (1990) до 1.6% (2021) и составила 2400 га. Результаты наших многолетних исследований показали, что в придорожных растительных сообществах создаются наиболее благоприятные условия для проникновения (заноса и натурализации) чужеродных видов растений в экосистемы парка. Степень риска и вероятность новых инвазий зависит от категории дороги, качества ухода за придорожными полосами и присутствием источника чужеродных видов в населенных пунктах, между которыми проложена трасса.

Флора Национального парка “Валдайский” насчитывает 746 видов сосудистых растений из 96 семейств (Морозова и др., 2010), на долю адвентивных видов приходится 18% (133 вида из 42 семейств). Собственно опасные (Сосудистые ..., 2018) чужеродные виды сосудистых растений на землях, принадлежащих парку, пока не имеют широкого распространения. Как и на момент организации парка, их распространение в основном ограничено придорожными, селитебными и аграрными землями (Морозова и др., 2010; Царевская и др., 2021). Основную массу составляют виды, отмечаемые единично или встречающиеся редко, но ряд видов, такие как *Conyza canadensis*, *Heracleum sosnowskyi*, *Galeopsis ladanum*, *Galeopsis speciosa*, *Galeopsis tetrahit*, *Eloдея canadensis*, *Impatiens glandulifera*, относятся к часто встречаемым. Их негативное влияние на состояние природных растительных сообществ и состав аборигенной флоры парка незначительно. Исключение составляют на данный момент *Heracleum sosnowskyi*,

Lupinus polyphyllus, распространение которых прогрессирует.

Реализуемые в границах парка транспортные проекты и постоянные мероприятия по модернизации линейных сооружений “открывают ворота” для новых инвазий. Предварительно можно оценить их риск – около 40–50% адвентивной флоры (около 70 видов), приуроченных к обочинам железных и автомобильных дорог, станут участниками этого процесса. Сохранятся в будущем как вектор распространения от трассы М-11 (Москва–Санкт-Петербург): с юго-востока и юга на север (например, по трассе Валдай–Боровичи) и на северо-запад (по трассе Валдай–Угловка), так и фактор риска распространения чужеродных видов водными путями, поскольку водоемы парка объединены Верхневолжской и Невско-Ладужской водными системами.

Для придорожных фитоценозов открытость, перманентные механические нарушения, хорошая прогреваемость и дренаж способствуют успешному закреплению в них более южных ксерофильных видов растений. Сейчас их состав включает 112 аборигенных видов из 28 семейств, а также 46 видов адвентивной флоры из 18 семейств, что сохраняет риски распространения последних вглубь охраняемых массивов парка. К сожалению, меры контроля и мониторинга инвазий чужеродных видов на ООПТ (конкретно для ситуаций с рекомендуемым развитием на них транспортной и рекреационной инфраструктуры) не разработаны. С 2023 г. по договору с Октябрьской железной дорогой НПВ и Институт географии РАН начинают цикл мониторинга инвазий чужеродных видов в полосе земледелия железной дороги (закладка постоянных пробных площадей, картографирование мест концентрации зарослей борщевика Сосновского и др.). На автомобильных дорогах в границах и буферной зоне парка мониторинг инвазий и оценка их риска может проводиться в рамках программы «Экологической политики государственной компании “Российские автомобильные дороги” на период до 2035 года»¹, что НПВ обсуждает в настоящее время с “Автодором”.

Понятно, что не только для НПВ, но и для всей системы ООПТ России нужны специальные регламенты развития транспорта и рекреации. Это позволит снизить риски инвазий чужеродных видов сосудистых растений и сохранит их уникальный аборигенный флористический комплекс.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания ИГ РАН FMWS-2024-0007 “Биотические, географо-гидрологические и ландшафт-

ные оценки окружающей среды для создания основ рационального природопользования”.

FUNDING

The article was prepared within the framework of the State assignment of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences FMWS-2024-0007 “Biotic, geography-hydrological and landscape evaluation of the environment for creation of the rational nature management basis.”

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белоновская Е.А., Кренке-мл. А.Н., Тишков А.А., Царевская Н.Г. Природная и антропогенная фрагментация растительного покрова Валдайского поозерья // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 5. С. 67–82. DOI: 10.15356/0373-2444-2014-5-67-82
- Белоновская Е.А., Виноградова В.В., Пономарев М.А., Тишков А.А., Царевская Н.Г. Оценка рекреационного потенциала национального парка “Валдайский” // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019. № 4. С. 97–111. DOI: 10.31857/S2587-55662019497-111
- Белоновская Е.А., Тишков А.А., Царевская Н.Г. Луга в системе сохранения традиционного агроландшафта национального парка “Валдайский” (Новгородская область) // Проблемы региональной экологии. 2016. № 4. С. 112–122.
- Борисова Е.А. Адвентивная флора Верхневолжского региона (современное состояние, динамические тенденции, направленность процессов формирования). Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. М., 2008. 41 с.
- Бочкин В.Д. Сравнительный анализ парциальных флор трех железных дорог г. Москвы // Актуальные проблемы сравнительного изучения флор: матер. III рабочего совещания по сравнительной флористике. Кунгур, 1988. СПб.: Наука, 1994. С. 276–296.
- Морозова О.В., Царевская Н.Г., Белоновская Е.А. Сосудистые растения национального парка “Валдайский” (аннотированный список видов) / под ред. В.С. Новикова. Флора и фауна национальных парков. М.: Изд. Комиссии РАН по сохранению биологического разнообразия и ИПЭЭ РАН, 2010. Вып. 7. 95 с.
- Морозова О.В. Участие адвентивных видов в разнообразии и структуре флор Восточной Европы // Изв. РАН. Сер. геогр. 2003. № 3. С. 63–71.
- Морозова О.В., Царевская Н.Г. Участие чужеродных видов сосудистых растений во флорах заповедников Европейской России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2010. № 4. С. 81–89.
- Морозова О.В., Стародубцева Е.А., Царевская Н.Г. Адвентивная флора Европейской России: итоги инвентаризации // Изв. РАН. Сер. геогр. 2008. № 5. С. 85–94.

¹ https://www.ruhw.ru/upload/iblock/d2d/Prikaz_-270-ot-2.10.2020_270_12_10_2020_ver1_-ekologicheskaya-politika.pdf

- Соколов В.Е., Филонов К.П., Нухимовская Ю.Д., Шадрин Г.Д. Экология заповедных территорий России. М.: Янус-К, 1997. 576 с.
- Сосудистые растения // Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / ред. Ю.Ю. Дгебурдзе, В.Г. Петросян, Л.А. Хляп. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2018. С. 72–226.
- Царевская Н.Г., Тишков А.А., Белоновская Е.А., Кудряшова И.В. Риски инвазий чужеродных видов растений в национальном парке “Валдайский” (Новгородская область) / 6-й междунар. симп. “Чужеродные виды в Голарктике. Борок-VI” (11–15 октября 2021 г., Углич). <https://www.researchgate.net/project/Invasion-of-Alien-Species-in-Holarctic-Borok-VI> (дата обращения 10.10.2022 г.).
- Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
- Biological Invasions: a Global Perspective / J. Drake, H.A. Mooney, F. Di Castri, R. Groves, F.J. Kruger, M. Rejmánek, M. Williamson (Eds.). Chichester: Wiley, 1989. 381 p.
- Pyšek P., Pergl J., Dawson W., Essl F., Kreft H., Weigelt P., Winter M., van Kleunen M. European plant invasions. In: Global Plant Invasions / D.R. Clements, M.K. Upadhyaya, S. Joshi, A. Shrestha (Eds.). Cham: Springer Nature, 2022. P. 151–165.
- Wagner V., Chytrý M., Jiménez-Alfaro B., Pergl J., Hennekens S., Biurrun I., Knollová I., Berg C., Vassilev K., John S., Rodwell J.S., Škvorec Ž., Jandt U., Ewald J., Jansen F., Tsiripidis I., Botta-Dukát Z., Casella L., Attorre F., Rašomavičius V., Čušterevská R., J. Schaminée J.H.J., Brunet J., Lenoir J., Svenning J.J., Kącki Z., Petrášová-Šibíková M., Šilc U., García-Mijangos I., Campos J.A., Fernández-González F., Wohlgemuth T., Onyshchenko V., Pyšek P. Alien plant invasions in European woodlands // Diversity and Distribution. 2017. Vol. 23. P. 969–981. DOI: <https://doi.org/10.1111/ddi.12592>

Peculiarities of Expansion of Alien Species of Vascular Plants due to the Development of Transport Infrastructure of the Valdaisky National Park

E. A. Belonovskaya^{a, *}, A. A. Tishkov^a, N. G. Tsarevskaya^a, and I. G. Khmelshchikov^b

^a*Institute of Geography, RAS, Moscow, Russia*

^b*National park Valdaisky, Valday, Novgorod Oblast, Russia*

*e-mail: belena@igras.ru

On the territory of the Valdaisky National Park (Novgorod oblast) the analysis of invasions of alien species of vascular plants was carried out. The risk of invasion of alien species into natural ecosystems was assessed, considering the history of land use in the region, current nature management practices, and the ongoing development of transport infrastructure in the area. Since 2005, annual monitoring studies have been carried out using standard geobotanical methods along existing, modernized, and new linear structures in the Park's territory and buffer zone. It has been shown that the forest–field–meadow structure of the vegetation cover, which has developed over the centuries, and the composition of the Park's flora have proved to be quite resistant to the invasions. The composition and value of the invasive component in the flora of the National Park is 18% (133 species from 42 families). At the same time, the role of transport infrastructure in the spread of alien species is obvious. About 40–50% of the invasive flora (about 50–70 species) is limited to railways and roads, and their composition can determine the vector of spread—from the south-east and south to the north and north-west. In order to reduce the risk of invasion of alien vascular plant species and to preserve the unique native floristic complex, strict regulations are required for the development of transport infrastructure in the National Park.

Keywords: invasions, alien plant species, transport infrastructure, roadside floristic complex, specially protected natural areas, Valdaisky National Park

REFERENCES

- Belonovskaya E.A., Krenke A.N., Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G. Natural and anthropogenic fragmentation of vegetation of Valday lake area. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2014, no. 5, pp. 67–82. (In Russ.). <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2014-5-67-82>
- Belonovskaya E.A., Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G. Meadows in the traditional agrolandscape conservation system of the Valdaisky National Park (Novgorod Region). *Probl. Reg. Ekol.*, 2016, no. 4, pp. 112–122. (In Russ.).
- Belonovskaya E.A., Vinogradova V.V., Ponomarev M.A., Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G. Assessment of the recreational potential of the Valdaisky National Park. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2019, no. 4, pp. 97–111. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019497-111>
- Biological Invasions: A Global Perspective.* Drake J., Mooney H.A., Di Castri F., Groves R., Kruger F.J.,

- Rejmánek M., Williamson M., Eds. Chichester: Wiley, 1989. 381 p.
- Bochkin V.D. Comparative analysis of partial floras of three Moscow railways. In *Aktual'nye problemy sravnitel'nogo izucheniya flor: Mat. III rabochego soveshchaniya sravnitel'noi floristike, Kungur, 1988* [Actual Problems of the Comparative Study of Floras: Proc. of the 3d Workshop on Comparative Floristry, Kungur, 1988]. St.-Petersburg: Nauka Publ., 1994, pp. 276–296. (In Russ.).
- Borisova E.A. Adventive flora of the Upper Volga region (current state, dynamic trends, direction of formation processes). *Extended Abstract of Doct. Sci. (Biol.) Dissertation*. Moscow, 2008. 41 p.
- Cherepanov S.K. *Sosudistye rasteniya Rossii i sopredelnykh gosudarstv* [Vascular Plants of Russia and Neighboring States]. St.-Petersburg: Mir i sem'ya Publ., 1995. 992 p.
- Morozova O.V. Participation of alien species of vascular plants in the floras of the reserves of European Russia. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2003, no. 3, pp. 63–71. (In Russ.).
- Morozova O.V., Starodubtseva E.A., Tsarevskaya N.G. Adventive flora of European Russia: inventory results. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2008, no. 5, pp. 85–94. (In Russ.).
- Morozova O.V., Tsarevskaya N.G. Participation of alien species of vascular plants in the floras of the reserves of European Russia. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2010, no. 4, pp. 81–89. (In Russ.).
- Morozova O.V., Tsarevskaya N.G., Belonovskaya E.A. *Flora i fauna natsional'nykh parkov. Vyp. 7: Sosudistye rasteniya natsional'nogo parka "Valdaiskii" (annotirovannyi spisok vidov)* [Flora and Fauna of National Parks. Vol. 7: Vascular Plants of the "Valdaisky" National Park (an Annotated List of Species)]. Novikov V.S., Ed. Moscow: Komiss. RAN po Sokhran. Biol. Raznoobraziya, IPEE RAN, 2010. 95 p.
- Pyšek P., Pergl J., Dawson W., Essl F., Kreft H., Weigelt P., Winter M., van Kleunen M. European plant invasions. In *Global Plant Invasions*. Clements D.R., Upadhyaya M.K., Joshi S., Shrestha A., Eds. Cham: Springer Nature, 2022, pp. 151–165.
- Sokolov V.E., Filonov K.P., Nukhimovskaya Yu.D., Shadrina G.D. *Ekologiya zapovednykh territorii Rossii* [Ecology of Reserved Territories of Russia]. Moscow: Yanus-K Publ., 1997. 576 p.
- Tsarevskaya N.G., Tishkov A.A., Belonovskaya E.A., Kudryashova I.V. Risks of invasions of alien plant species in the Valdaisky National Park (Novgorod Region). In *Chuzherodnye vidy v Golarktike. Borok-VI: Tezisy dokladov VI Mezhd. Simp.* [Alien Species in the Holarctic. Borok-VI: Abstracts of the Sixth Int. Symp.]. Kazan: Izd-vo "Buk", 2021. 229 p.
- Vascular plants. In *Samye opasnye invazionnye vidy Rossii (TOP-100)* [The Most Dangerous Invasive Species of Russia (TOP-100)]. Dgebuadze Yu.Yu., Petrosyan V.G., Khlyap L.A., Eds. Moscow: KMK Publ., 2018, pp. 72–226. (In Russ.).
- Wagner V., Chytrý M., Jiménez-Alfaro B., Pergl J., Hennekens S., Biurrun I., Knollová I., Berg C., Vassilev K., John S., Rodwell J.S., Škvorec Ž., Jandt U., Ewald J., Jansen F., Tsiripidis I., Botta-Dukát Z., Casella L., Attorre F., Rašomavičius V., Čušterevska R., Schaminée J.H.J., Brunet J., Lenoir J., Svenning J.-C., Kačák Z., Petrášová-Šibíková M., Šilc U., García-Mijangos I., Campos J.A., Fernández-González F., Wohlgemuth T., Onyshchenko V., Pyšek P. Alien plant invasions in European woodlands. *Divers. Distrib.*, 2017, vol. 23, pp. 969–981. <https://doi.org/10.1111/ddi.12592>

РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕОПОЖАРОВ В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕГО ДОНА В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

© 2024 Д. А. Куприянов¹, Е. М. Волкова^{2, *}, В. В. Миронов², О. А. Леонова²,
А. А. Чепурная³, Е. Ю. Новенко^{4, 5; **}

¹Институт археологии РАН, лаборатория контекстуальной антропологии, Москва, Россия

²Тульский государственный университет, кафедра биологии, Тула, Россия

³Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет,
кафедра физической географии и ландшафтоведения, Москва, Россия

⁴Институт географии РАН, отдел палеогеографии четвертичного периода, Москва, Россия

⁵НИУ ВШЭ, факультет географии и геоинформационных технологий, Москва, Россия

*e-mail: convallaria@mail.ru

**e-mail: lenanov@mail.ru

Поступила в редакцию 10.12.2022 г.

После доработки 25.09.2023 г.

Принята к публикации 26.12.2023 г.

Реконструкция частоты пожаров на территории музея-заповедника “Куликово поле” (бассейн Верхнего Дона, Среднерусская возвышенность) за последние 4000 лет выполнена на основе палеоантракологического анализа (изучения содержания макроскопических частиц угля с линейным размером более 100 мкм) в торфяных отложениях Подкосьмовского болота, которому в 2013 г. присвоен статус особо охраняемой природной территории (ООПТ). В статье проведено сопоставление полученных результатов с количественными реконструкциями лесистости и изменениями растительности региона, выполненными ранее для этой территории с использованием палинологических данных и археологических материалов. Результаты исследования показали низкую пожарную активность на территории Куликова поля в интервале между 4000 и 1500 кал. (калиброванных) л. н. Согласно результатам палинологического анализа торфяной залежи болота, в этот период изучаемая территория принадлежала к зоне лесостепи. Мозаичный растительный покров включал в себя участки широколиственно-сосновых лесов, пойменные ольшатники и луговые степи на сухих склонах. Лесистость территории составляла 30–40% и к временному рубежу около 2700 кал. л. н. в условиях увлажнения климата и длительного межпожарного интервала достигала 45%. Начиная с 1500 кал. л. н., поступление макроскопических частиц угля в торфяную залежь Подкосьмовского болота начало постепенно возрастать. Наибольшая частота пожаров и высокие значения скорости аккумуляции макрочастиц угля в торфе выявлены для периода 900–300 кал. л. н. Взаимосвязь между периодами увеличения поступления частиц угля в торфяную залежь и климатическими изменениями в течение последнего тысячелетия не установлена, однако выявлено четкое совпадение между интервалом повышенного накопления угля в торфе и этапами активизации освоения региона, подтвержденными многочисленными археологическими находками на древнерусских памятниках. Уменьшение лесистости в районе исследований до 15–20% в тот же период и обилие пыльцы антропогенных индикаторов в спорово-пыльцевых спектрах свидетельствуют о возрастании воздействия хозяйственной деятельности человека на растительный покров.

Ключевые слова: торфяная залежь, межпожарный интервал, макроуголь, палеоантракологический анализ, лесистость, ботанический анализ торфа, спорово-пыльцевой анализ

DOI: 10.31857/S2587556624010063, **EDN:** GLJHBN

ВВЕДЕНИЕ

Изучение растительности современной лесостепи и реконструкция ее динамики в голоцене приобретают в последнее время большое значение в связи с климатическими изменениями текущего столетия и усиливающейся антропоген-

ной нагрузкой на экосистемы региона. К настоящему времени накоплен обширный массив данных палеоботанических исследований в экотоне леса и степи Восточно-Европейской равнины, в том числе получены данные комплексного исследования озерных и болотных отложений (Климанов, Серебрянная, 1986; Новенко и др., 2013;

Серебрянная, 1976; Серебрянная, Ильвес, 1974; Спиридонова, 1991; Хотинский и др., 1979; 2017; Borisova et al., 2006; Novenko et al., 2012; Panin et al., 2017; Shumilovskikh et al., 2018) и погребенных почв (Александровский и др., 2011, 2022; Алифанов и др., 2015; Герасимова, Сычева, 2010; Горская и др., 2016; Сычева, 2009; Kurbanova et al., 2023), обеспеченных сериями радиоуглеродных датировок. Однако роль пожаров в трансформации растительного покрова лесостепи в голоцене рассмотрена лишь в небольшом количестве работ (Lukanina et al., 2022; Novenko et al., 2016), хотя реконструкции палеопожаров могли бы способствовать решению дискуссионных вопросов о формировании южной границы лесной зоны в голоцене.

Исследования периодичности пожаров в голоцене в подзоне северной лесостепи, результаты которых представлены в статье, выполнены в бассейне Верхнего Дона на территории государственного военно-исторического и природного музея-заповедника “Куликово Поле”. Задачи по восстановлению природного ландшафта, соответствующего времени Куликовской битвы, и изучению героических событий 1380 г. послужили импульсом для целого ряда палеогеографических и геоархеологических работ, а также для изучения биологического разнообразия региона (Бурова, Гласко, 2007; Бурова, Наумов, 2022; Волкова и др., 2020; Новенко, 2017; Новенко и др., 2013; Носова, 2019; Розова, Волкова, 2020; Фоломеев и др., 1984, 1990; Хотинский, 1988). В настоящее время военно-исторический и природный заповедник “Куликово Поле” — территория площадью около 1600 км² — важнейший модельный регион для изучения современного ландшафта и его компонентов с целью сохранения и восстановления природной среды.

Цель представленной работы — реконструкция частоты пожаров на территории музея-заповедника “Куликово поле” в позднем голоцене, основанная на анализе макроскопических частиц угля в торфяных отложениях Подкосьмовского болота, сопоставление полученных данных с результатами изучения истории растительности региона и археологическими находками.

ИЗУЧАЕМАЯ ТЕРРИТОРИЯ

Район исследований расположен в северо-восточной части Среднерусской возвышенности и относится к Среднерусской провинции лесостепной области Восточно-Европейской равнины (Гвоздецкий, 1968). Согласно схеме физико-географического районирования (Исаченко, 1985), изучаемая территория относится к ландшафтам возвышенных эрозионных равнин с покровными суглинками. В соответствии с геоботаническим районированием европейской части России (Растительность ..., 1980), Куликово

поле находится в Среднерусской подпровинции Восточноевропейской лесостепной провинции. Климат исследуемой территории умеренный, умеренно-континентальный. Согласно наблюдениям на метеостанции в г. Богородицк, расположенной в 40 км к северу от района исследований, среднегодовая температура +3.8°C, средняя температура января и июля –10.6°C и +18.4°C соответственно. Среднегодовое количество осадков 530 мм (Разуваев и др., 2020).

Для района исследований характерно сочетание разнообразных типов почв: черноземных, серых лесных, а также луговых и болотных. Растительный покров Куликова поля представляет собой мозаику лесных, степных, луговых, болотных и антропогенно-нарушенных (сельскохозяйственные поля, разновозрастные залежи, экспериментальные посевы по восстановлению степной растительности) экосистем (Волкова, 2011; Волкова и др., 2022; Зацаринная и др., 2022; Семенищенков, Волкова, 2021; Семенищенков и др., 2022; Volkova et al., 2021).

Реконструкция палеопожаров на территории музея-заповедника “Куликово поле” выполнена по данным изучения макроскопических частиц угля из торфяных отложений Подкосьмовского болота (53°40′117″ с.ш., 38°35′258″ в.д.), расположенного в пойме по левому борту долины р. Непрядвы, в 2 км выше по течению от с. Монастыршино (рис. 1) и занимающего вместе с заболоченными землями площадь около 3 га (Зацаринная и др., 2022). В питании болота принимают участие грунтовые и аллювиальные воды, что обеспечивает высокую минерализацию болотных вод (425–690 мг/л) и формирование эвтрофной растительности, которая представлена сообществами камышовой (асс. *Scirpus sylvaticus*), таволговой (асс. *Filipendula ulmaria*), заостренноосоковой (асс. *Carex acutiformis*) и хвощовой (асс. *Equisetum fluviatile*) ассоциаций. Указанные сообщества формируются при разном увлажнении: уровень залегания болотных вод варьирует от 3 до 40 см ниже поверхности болота в течение вегетационного сезона. Торфяная залежь болота имеет максимальную мощность 120 см. Отсутствие следов антропогенного воздействия на структуру торфяных отложений и современный растительный покров послужило основанием рассматривать Подкосьмовское болото как модельную болотную экосистему и придать ему статус особо охраняемой природной территории (ООПТ) (Постановление правительства Тульской области от 29.04.2015 № 210).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Палеоэкологические исследования Подкосьмовского болота проходили в два этапа. На первом этапе в 2009 г. в наиболее глубокой

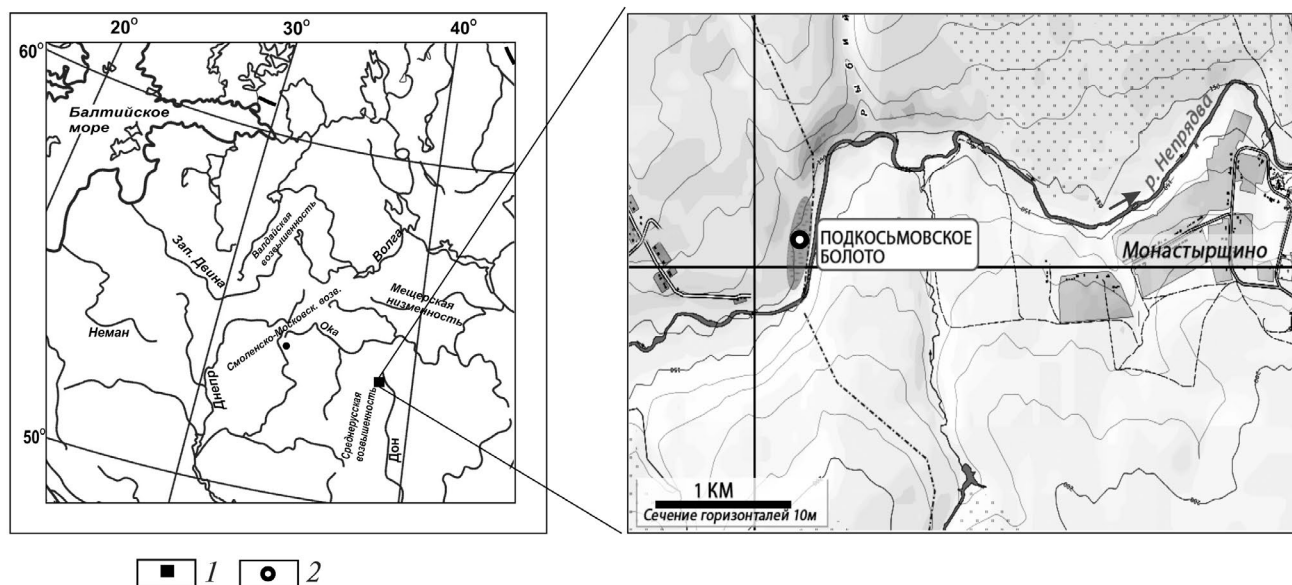


Рис. 1. Географическое положение изучаемой территории: 1 – положение района исследования, 2 – положение точки бурения (<https://bestmaps.ru/map/osm/opentopomap>).

части болота была пробурена скважина, глубиной 120 см, и выполнены ботанический анализ торфа, спорово-пыльцевой анализ и радиоуглеродное датирование образцов торфа, результаты которых подробно опубликованы (Новенко, 2017;

Novenko and Volkova, 2015). При бурении болота установлено, что ниже горизонтов торфа залегает глина, голубовато-серая, тонкослоистая. В составе залежи представлены только низинные виды торфа (рис. 2), в разных частях болота состав зале-

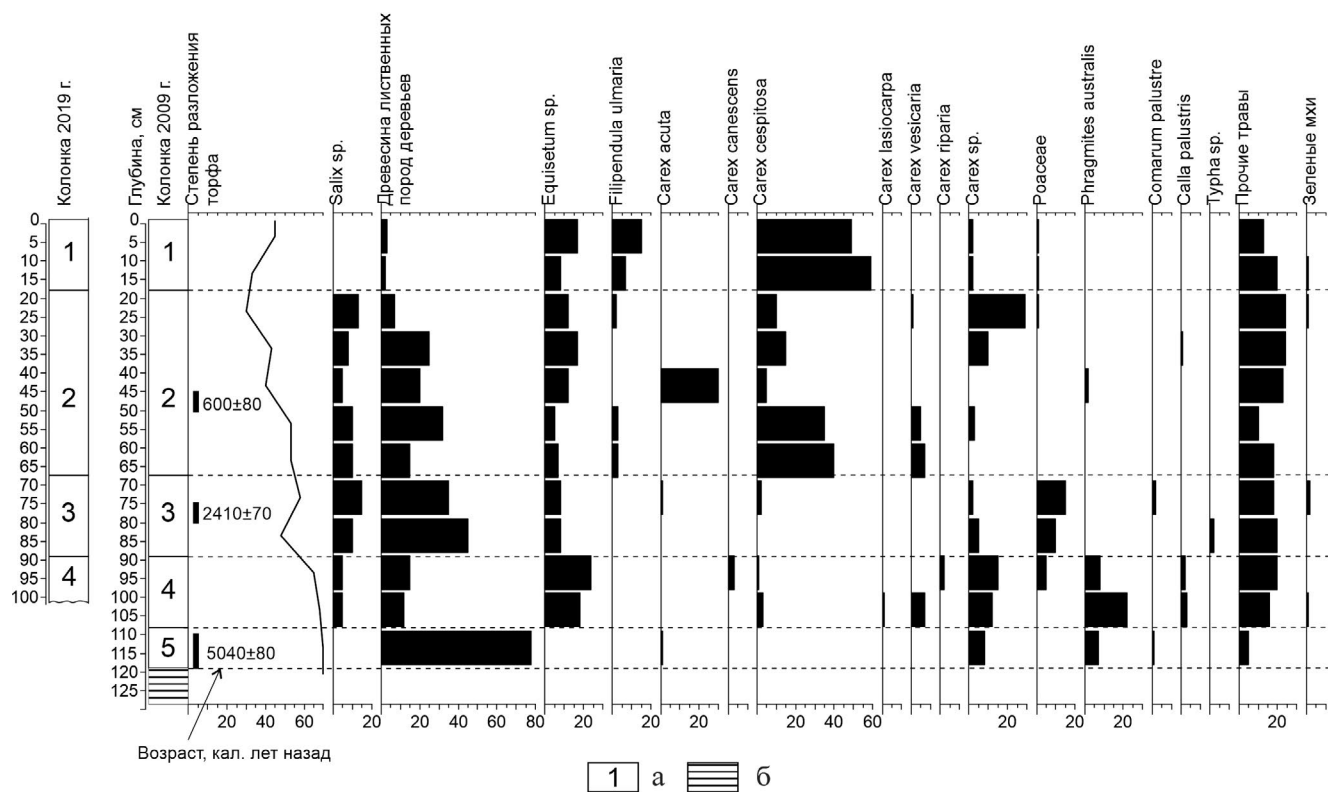


Рис. 2. Ботанический состав торфа Подкосьмовского болота и соотношение торфяных колонок, отобранных в 2009 и 2019 гг.: а – торф (виды торфа: 1 – осоковый, 2 – древесно-осоковый, 3 – древесно-травяной, 4 – травяной, 5 – древесный), б – глина.

Таблица 1. Радиоуглеродные датировки торфяной залежи Подкосьмовского болота

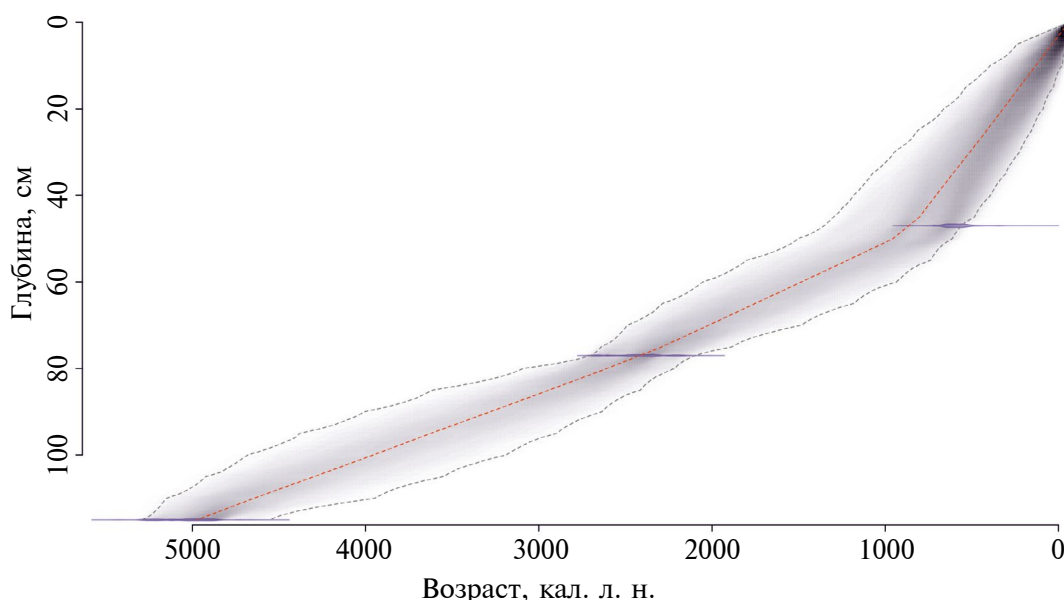
Лабораторный номер, ИГ РАН	Глубина, см	Материал для датирования	Радиоуглеродный возраст, л. н.	Калиброванный возраст, л. н. (1 σ)
3851	45–50	торф	607 $\pm$ 85	600 $\pm$ 80
3852	75–80	торф	2345 $\pm$ 75	2410 $\pm$ 70
3855	110–120	торф	4405 $\pm$ 80	5040 $\pm$ 80

жи отличается незначительно. Торфяная залежь образована осоковым, травяным, древесным (ива пепельная), древесно-травяным и древесно-осоковым торфом (Волкова, 2011). Высокая степень разложения торфа (от 65% в придонных горизонтах залежи до 35–40% – в ее верхней части) указывает на изменчивый гидрологический режим болота, что обуславливало активное разложение растительных остатков в условиях оптимальной аэрации. Возраст базального горизонта торфа – 5040 $\pm$ 80 кал. л. н. (калиброванных лет назад). По полученным ранее радиоуглеродным датировкам (табл. 1) (Novenko and Volkova, 2015) в представленной работе рассчитана модель вертикального прироста торфа (рис. 3) с использованием программы Bacon (Blaauw and Christen, 2011) в программной среде R (R Core Team, 2021). Для калибровки радиоуглеродных датировок применена программа Calib 8.2, использующая калибровочную кривую IntCal20 (Reimer et al., 2020).

В 2019 г. торфяная залежь болота была изучена повторно и отобраны образцы для изучения концентрации макроскопических частиц угля в торфе и реконструкции палеопожаров. Торфяная колонка, отобранная в 2019 г., по техническим причинам оказалась короче, чем керн, отобранный в 2009 г. Обе скважины были заложены

в центральной части болота в осоковом сообществе, и ботанический состав торфа вскрытых торфяных залежей очень близок по составу и положению границ слоев (см. рис. 2). На этом основании мы сопоставили результаты радиоуглеродного датирования и спорово-пыльцевого анализа из скважины, полученной ранее, с результатами изучения макроскопических частиц угля, полученных в рамках представленной работы.

Реконструкция периодичности пожаров в голоцене в бассейне Верхнего Дона выполнена на основе анализа концентрации макроскопических частиц угля (с линейными размерами более 100 мкм) в торфяной колонке. Основным источником поступления микро- и макроскопических частиц угля на поверхность болотного массива считаются выпадения из атмосферы в результате конвективных процессов, возникающих благодаря тепловому воздействию пожаров, а также поступления в результате процессов плоскостного смыва в болотную котловину (Whitlock et al., 2010). Эксперименты и модельные расчеты показали, что макроскопические частицы угля выпадают из воздуха в радиусе от нескольких сотен метров до 20 км от источника возгорания (Higuera et al., 2009), однако основная масса частиц оседает в пределах 2–3 км от болота. Таким

**Рис. 3.** Модель вертикального роста торфа в Подкосьмовском болоте.

образом, угольные частицы с размерами более 100 мкм служат надежными индикаторами локальных пожаров.

Отбор образцов из торфяной залежи проведен торфяным буром Сукачёва с диаметром пробоотборника 5 см и длиной 50 см. Для анализа макроскопических частиц угля образцы влажного торфа объемом 1 см³ отобраны непрерывно с интервалом отбора 1 см. Всего проанализировано 100 образцов. Подготовка проб проведена по стандартной методике (Mooney and Tinner, 2011). Образцы торфа отбеливали в 10%-м водном растворе NaOCl объемом 100 мл в течение суток при комнатной температуре, затем каждый образец промывали дистиллированной водой че-

рез сито с диаметром ячеек 100 мкм и помещали в чашку Петри. Все содержащиеся в чашке Петри частицы угля подсчитывали при 28-кратном увеличении под стереоскопическим микроскопом модели МБС-10 171.

Статистическая обработка результатов подсчета концентрации угольных частиц в торфе осуществлялась в программном пакете *tapas* (Finsinger and Bonnici, 2022), который является улучшенным и адаптированным для программной среды R обновлением программы *CharAnalysis* (Higuera et al., 2009). Программа позволяет рассчитать скорость аккумуляции частиц угля, выделить ее фоновые и пиковые значения, а также локальные пожарные эпизоды (один или серию крупных пожа-

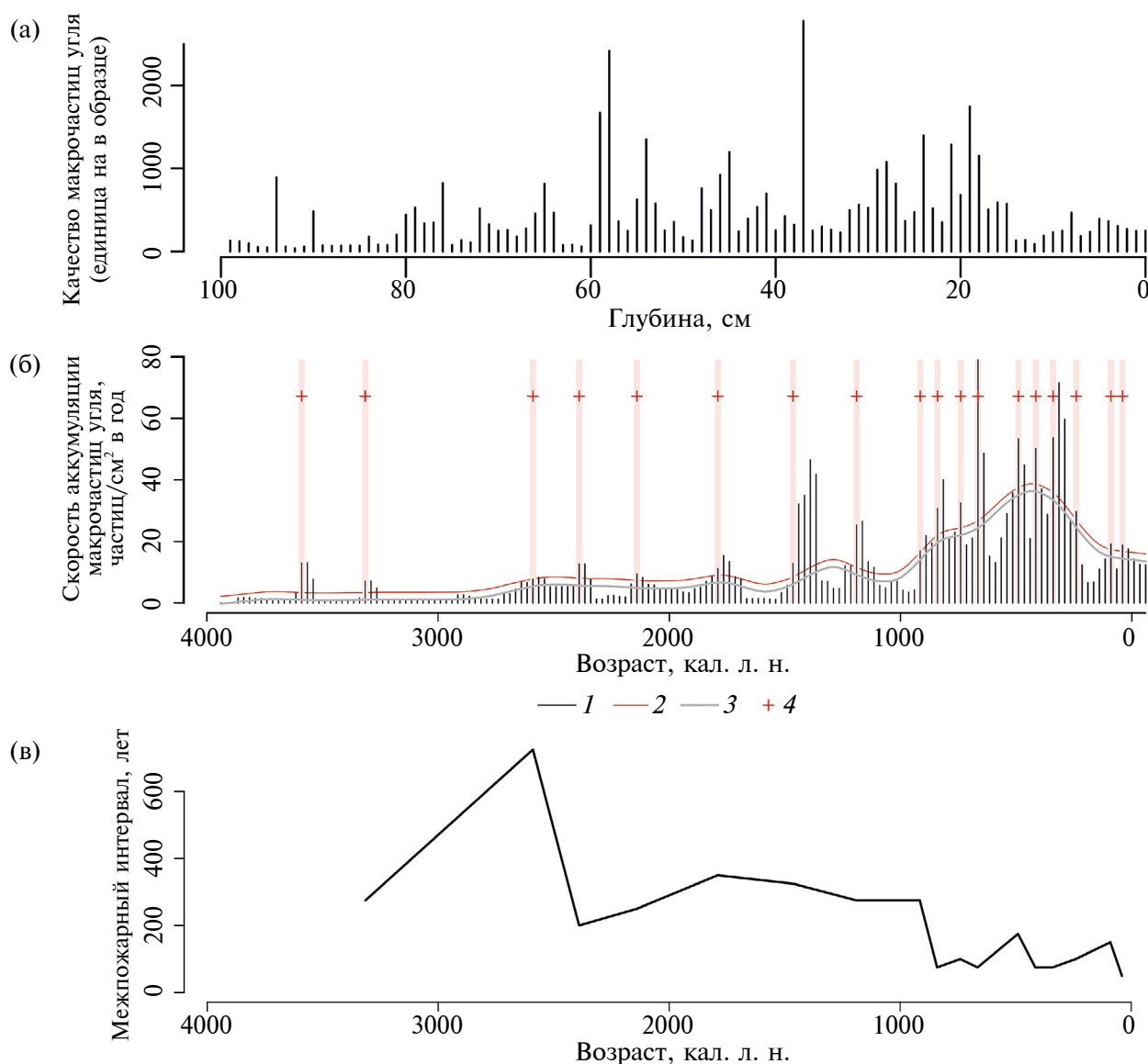


Рис. 4. Результаты изучения макроскопических частиц угля в торфе Полкосьмовского болота: (а) концентрация макрочастиц угля, (б) скорость аккумуляции макрочастиц угля (1 – интерполированные значения скоростей аккумуляции угля, 2 – пороговые значения, 3 – фоновые значения, 4 – локальные пожарные эпизоды), (в) межпожарный интервал.

ров в окрестностях болота) и межпожарные интервалы.

Трансформация полученных значений концентрации макроскопических частиц угля в скорость аккумуляции (частиц/см² в год) проведена с помощью рассчитанной модели скорости вертикального прироста торфа. Предварительно значения были интерполированы и приведены к единому временному разрешению каждого образца, который был равен медианному временному разрешению каждого сантиметра торфяной залежи (40 лет). Затем проведено определение фоновых значений скоростей аккумуляции частиц угля при помощи статистической функции локальной взвешенной регрессии с робастными весами (robust LOWESS) со сглаживающим интервалом в 300 лет. Под фоновыми значениями понимают низкочастотные колебания скорости аккумуляции угля, соответствующие региональному сигналу пожарной динамики и учитывающие возможные погрешности при отборе, пробоподготовке и переотложении угля внутри торфяной залежи.

Для выделения локальных пирогенных эпизодов рассчитано пороговое значение скорости аккумуляции угольных частиц. Непрерывные интерполированные значения скоростей аккумуляции угля, превышающие пороговые значения, расценивались как пожарные эпизоды. Для оценки статистической достоверности для каждого временного окна использовался индекс отношения сигнала к шуму (Signal-to-Noise Index, SNI). Значения SNI $> \sim 0.5$ считаются достаточными, а SNI > 3 — максимально достоверными для статистически обоснованного выделения локального пожара. Согласно нашим расчетам, диапазон значений SNI составил от 2.8 до 7.1, что удовлетворяет требованиям статистического анализа. Межпожарный интервал (МПИ) рассчитан как интервал времени между двумя локальными пирогенными эпизодами.

Для выявления роли пожаров в формировании растительного покрова территории были использованы результаты ботанического анализа торфа (Волкова, 2011) и спорово-пыльцевого анализа торфяной залежи болота Подкосьмово (Novenko and Volkova, 2015), а также реконструкции лесистости территории Куликова поля, выполненные по палинологическим данным из болота методом “лучших аналогов”. Методика и результаты этих реконструкций подробно опубликованы (Новенко, 2017).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты анализа накопления угольных частиц в торфяной колонке, отобранной в 2019 г., позволяют охарактеризовать измене-

ния пожарной активности территории, начиная с 4000 кал. л. н. Подсчеты концентрации макроскопических частиц угля в торфяной залежи выявили ее высокую изменчивость в диапазоне от 49 до 2779 частиц/см³ (рис. 4а). Низкие значения концентрации частиц угля (50–120 частиц/см³) характерны для нижней части торфяной колонки (100–81 см). В интервале глубин 81–60 см концентрации частиц угля увеличиваются, но испытывают резкие колебания, не превышая 1000 частиц/см³. Существенный рост концентраций угольных частиц (от 200 до 1500 частиц/см³, с пиками до 2900 частиц/см³) выявлен в интервале 60–15 см. В верхней части торфяной залежи концентрация частиц угля понижается до 150–200 частиц/см³.

Расчеты скорости аккумуляции частиц угля и выделение пиков выявили низкую пожарную активность в период 4000–1500 кал. л. н. (см. рис. 4) Фоновые и интерполированные значения не превышают 10–15 частиц/см² в год, МПИ колебался от 200 до 350 лет (см. рис. 4в). В период 1500–900 кал. л. н. скорости аккумуляции угля возросли до 20 частиц/см² в год, однако МПИ оставался длительным и составлял около 150 лет. Резкое увеличение скорости накопления макрочастиц угля в торфе выявлено в интервале 900–300 кал. л. н. Фоновые и интерполированные значения возросли до 30–40 частиц/см² в год, выделены резкие пики, превышающие 70–80 частиц/см² в год. МПИ сократился до 50–100 лет. В течение последних 300 лет накопление угля сократилось, выявлен только один пожарный эпизод.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты анализа концентраций макроскопических частиц угля в торфе и их сопоставление с палинологическими данными и реконструкциями лесистости территории Куликова поля в позднем голоцене (рис. 5) позволили нам восстановить историю изменений растительности региона и рассмотреть влияние пожаров на растительный покров.

Согласно данным палинологического анализа торфяной залежи Подкосьмовского болота (Novenko and Volkova, 2015), в период 4000–2300 кал. л. н. изучаемая территория принадлежала к зоне лесостепи. Мозаичный растительный покров включал в себя участки широколиственно-сосновых лесов, пойменные ольшатники и луговые степи на сухих склонах и хорошо дренируемых водоразделах. Лесистость территории составляла 30–40% (Новенко, 2017) и к временному рубежу 2700 кал. л. н. достигала 45% (см. рис. 5). Увеличение лесистости происходило на фоне похолодания климата, начавшегося в Европе около 2700–2500 кал. л. н. и прослеженного как по многочисленным реконструкциям

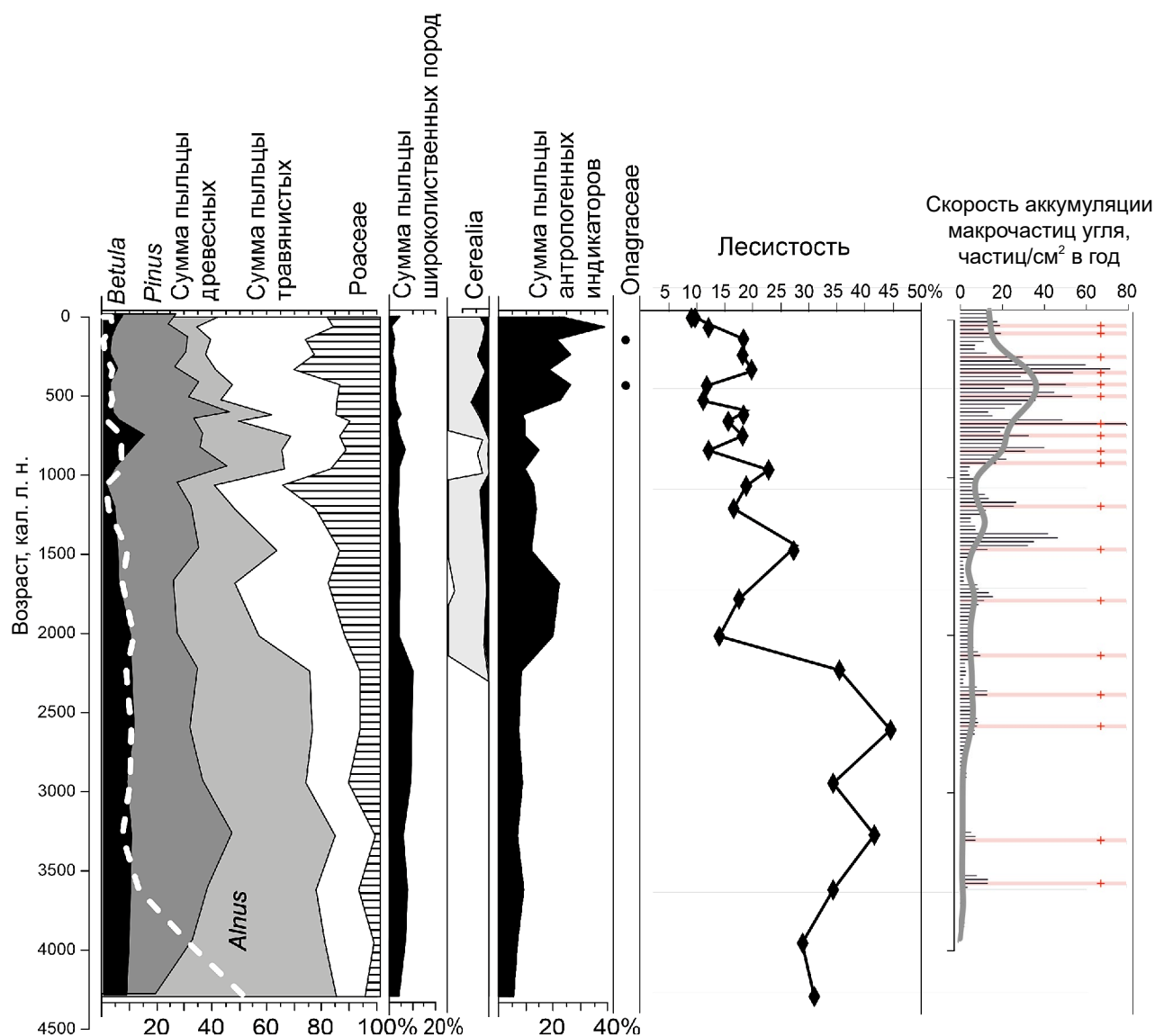


Рис. 5. Сопоставление результатов анализа макроскопических частиц угля в торфе Подкосьмовского болота с полученными ранее для этого болота результатами палинологического анализа (Novenko and Volkova, 2015) и реконструкцией лесистости (Новенко, 2017).

с использованием палинологических данных в различных регионах Европы (Davis et al., 2003; Mauri et al., 2015), так и по материалам исследований в центре Восточно-Европейской равнины и на Среднерусской возвышенности (Новенко, 2021). Пожары, очевидно, не оказывали значительного влияния на динамику растительности района Куликова поля в этот период, на что указывает длительный межпожарный интервал (от 600 до 200 лет) и относительно низкая интенсивность аккумуляции макроскопических частиц угля в торфе (см. рис. 4).

Существенные изменения растительного покрова в районе Куликова поля произошли около 2300 кал. л. н. Доля пыльцы деревьев и кустарников сократилась с 80 до 50–60%, в то же вре-

мя участие трав и пыльцы растений — антропогенных индикаторов увеличилось (Novenko and Volkova, 2015), постоянным компонентом спорово-пыльцевых спектров стала пыльца культурных злаков (см. рис. 5). Лесистость территории понизилась до 15% (Новенко, 2017). В разрезах поймы Непрядвы выявлены признаки антропогенной эрозии почв (Сычева, 2009). Однако, анализ концентрации макроскопических частиц угля в торфе не выявил возрастания пожарной активности в районе исследований. Подъем кривой скорости аккумуляции угля и сокращение МПИ происходит только около 1500 кал. л. н. Возможно, обезлесение территории было связано с антропогенным фактором, например, с рубкой деревьев и использованием древесины. Археоло-

гические свидетельства пребывания человека на территории Куликова поля в эпоху бронзы фрагментарны. Возможно, в этот период на изучаемой территории существовали скотоводческие хозяйства (Гоняный и др., 2007). Но большинство исследователей указывает, что периоды освоения территории в бронзовом веке были кратковременными и оказывали локальное воздействие на окружающую среду (Гоняный и др., 2007; Фоломеев и др., 1990; Хотинский, 1988; Хотинский и др., 1979). Археологические памятники раннего железного века в районе Куликова поля не обнаружены. Возможно, изменения растительности, выявленные по спорово-пыльцевым спектрам, и появление пыльцы культурных злаков отражают некоторый региональный фон, при этом на участке, непосредственно примыкающем к Подкосьмовскому болоту, поселения человека могли отсутствовать.

Заметное увеличение аккумуляции макрочастиц угля в торфе и возрастание частоты пожаров выявлено для последнего тысячелетия. В течение временного интервала между 900 и 300 кал. л. н. в окрестностях Подкосьмовского болота произошло 9 крупных пожарных эпизодов, МПИ сократился до 50–100 лет. Уменьшение лесистости в регионе исследований в тот же период и обилие пыльцы антропогенных индикаторов в спорово-пыльцевых спектрах свидетельствуют о возрастании антропогенного воздействия на растительный покров (Lukanina et al., 2022). Согласно археологическим данным, в Средневековье территория Куликова поля неоднократно была заселена и вновь оставлена человеком. В ее пределах известно свыше 250 древнерусских памятников, включая городища и могильники, относящихся к двум этапам активизации освоения региона: конец XII – середина XIII в., и первая половина XIV – конец XIV в. (Гоняный и др., 2007). Пожары, возможно, происходили не только по естественным причинам, но под влиянием человека. Следует отметить, что похолодание Малого ледникового периода (МЛП), установленное в Европе в XIV–XVII вв. по данным многочисленных палеоархивов с большим географическим охватом (PAGES 2k Consortium, 2013), не привело на территории Куликова поля к сокращению пожаров и увеличению площади лесов.

Результаты спорово-пыльцевого анализа выявили существенную деградацию лесов в течение последних 300 лет, которая связана с освоением территории в Новое время. В этот период происходило возделывание больших площадей пашни, увеличилась плотность населения региона, появились новые населенные пункты и дороги (Бурова, Наумов, 2022). В настоящее время лесистость территории Куликова поля не превышает 10% (Новенко, 2017). Согласно результатам анализа макрочастиц угля в торфе, поступление

угля в торфяную залежь в течение последних 300 лет сократилось. Возможно, фрагментация лесов и меры по предотвращению и тушению пожаров привели к снижению пожарной активности в регионе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование концентрации макроскопических (более 100 мкм) частиц угля в торфе позволило сделать вывод, что в позднем голоцене наибольшая частота пожаров на территории Куликова поля и высокие значения скорости аккумуляции макрочастиц угля в торфе были характерны для интервала 900–300 кал. л. н. Высокая пожарная активность в этот период была, очевидно, обусловлена действием антропогенного фактора при освоении изучаемого региона в Средневековье. Временной интервал повышенного накопления угля в торфе совпадает с этапами активизации освоения региона, подтвержденными многочисленными археологическими находками древнерусских памятников.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Полевые работы и анализ макроскопических частиц угля в торфе выполнены при поддержке проектов РФФИ № 20-55-04003 и БРФФИ № X21PM-043. Анализ данных и подготовка публикации выполнены в рамках государственного задания Института географии РАН FMWS-2024-0005.

FUNDING

Field work and analysis of macroscopic charcoal particles in peat were supported by RFBR, project no. 20-55-04003 and BRFBF project no. X21PM-043. Data analysis and paper preparation were supported by the State assignment no. FMWS-2024-0005.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александровский А.Л., Чендев Ю.Г., Трубицын М.А. Палеопочвенные индикаторы изменчивости экологических условий центральной лесостепи в позднем голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2011. № 6. С. 87–99.
- Александровский А.Л., Чендев Ю.Г., Юртаев А.А. Почвы со вторым гумусовым горизонтом и палеочерноземы как свидетельства эволюции педогенеза в голоцене на периферии лесной зоны и в лесостепи (обзор) // Почвоведение. 2022. № 2. С. 147–167.
- DOI: 10.31857/S0032180X22020022
- Алифанов В.М., Гугалинская Л.А., Овчинников А.Ю. Формирование почвообразующих пород голоценовых почв в центре Восточно-Европейской рав-

- нины // Проблемы региональной экологии. 2015. № 6. С. 31–35.
- Бурова О.В., Гласко М.П. Восстановление лесостепных экосистем Верхнего Дона (Куликово поле) на основе палеоэкологических реконструкций // Изв. РАН. Сер. геогр. 2007. № 1. С. 107–119.
- Бурова О.В., Наумов А.Н. Изменение структуры землепользования в верховьях Дона с конца XII до начала XX вв. (на примере балочного комплекса “Журишки”, Тульская область) // Изв. РАН. Сер. геогр. 2022. № 4. С. 639–650.
DOI: 10.31857/S2587556622040033
- Волкова Е.М. Пойменные болота северо-востока Среднерусской возвышенности // Бот. журн. 2011. Т. 96. № 4. С. 503–514.
- Волкова Е.М., Полянчева С.А., Розова И.В., Бурова О.В. Экспериментальное восстановление степной растительности Куликова Поля (Тульская область): некоторые итоги оценки ценотического разнообразия // Изв. ТулГУ. Естественные науки. 2020. Вып. 4. С. 49–64.
DOI: 10.24411/2071-6176-2020-10406
- Волкова Е.М., Бурова О.В., Розова И.В. Восстановление степной растительности Куликова поля. Методы и результаты экспериментов. Тула: Изд-во ТулГУ, 2022. 61 с.
- Гвоздецкий Н.А. Физико-географическое районирование СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1968. 576 с.
- Герасимова О.А., Сычева С.А. Ландшафты и почвы центральной лесостепи Восточно-Европейской равнины в IV–V вв. н.э. // Изв. РАН. Сер. геогр. 2010. № 3. С. 69–81.
- Гоняный М.И., Александровский А.Л., Гласко М.П. Северная лесостепь бассейна Верхнего Дона времени Куликовской битвы. М.: Унопринт, 2007. 208 с.
- Горская Е.А., Гласко М.П., Александровский А.Л. Изменения почв и рельефа поймы верховьев Дона в районе поселений XVI–XVII вв. // Изв. РАН. Сер. геогр. 2016. № 6. С. 67–81.
DOI: 10.15356/0373-2444-2016-6-67-81
- Зацаринная Д.В., Волкова Е.М., Леонова О.А. Разнообразие растительности пойменных болот юго-восточной части Тульской области // Изв. ТулГУ. Естественные науки. 2022. Вып. 1. С. 28–36.
DOI: 10.24412/2071-6176-2022-1-28-37
- Исаченко А.Г. Ландшафты СССР. Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1985. 320 с.
- Климанов В.А., Серебрянная Т.А. Изменения растительности и климата на Среднерусской возвышенности в голоцене // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1986. № 2. С. 93–101.
- Новенко Е.Ю. Динамика ландшафтов и климата в центральной и восточной Европе в голоцене – прогнозные оценки изменения природной среды // Геоморфология. 2021. Т. 52. № 3. С. 24–47.
DOI: 10.31857/S0435428121030093
- Новенко Е.Ю. Реконструкция динамики древесной растительности территории музея-заповедника “Куликово поле” в среднем и позднем голоцене // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2017. Т. 2. № S2. С. 66–76.
DOI: 10.24189/ncr.2017.034
- Новенко Е.Ю., Гласко М.П., Волкова Е.М., Зюганова И.С. Динамика ландшафтов и климата бассейна Верхнего Дона в среднем и позднем голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2013. № 2. С. 68–82.
- Новенко Е.Ю., Зюганова И.С., Дюжова К.В., Волкова Е.М. Динамика растительности на южной границе зоны широколиственных лесов Восточно-Европейской равнины в среднем и позднем голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2017. № 5. С. 82–94.
DOI: 10.7868/S0373244417050073
- Носова М.Б. Современные спорово-пыльцевые спектры зоны широколиственных лесов и лесостепного экотона // Изв. ТулГУ. Естественные науки. 2019. № 3. С. 94–108.
- Разуваев В.Н., Булыгина О.Н., Коршунова Н.Н., Клещенко Л.К., Кузнецова В.Н., Трофименко Л.Т., Шерстюков А.Б., Швець Н.В., Давлетишин С.Г., Зверева Г.Н. Научно-прикладной справочник “Климат России”. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2020. (дата обращения 10.12.2022).
<http://aisori-m.meteo.ru/climsprn>
- Растительность Европейской части СССР / ред. С.А. Грибова, Т.И. Исаченко, Е.М. Лавренко. Л.: Наука, 1980. 425 с.
- Розова И.В., Волкова Е.М. Оценка структуры земель Куликова поля с использованием гис-технологий // Изв. ТулГУ. Естественные науки. 2020. № 3. С. 27–39.
- Семенович Ю.А., Волкова Е.М. Экологические и флористические различия двух типов сообществ широколиственных лесов на Среднерусской возвышенности // Rus. J. Ecosyst. Ecol. 2021. Т. 6. № 1. С. 36–54.
DOI: 10.21685/2500-0578-2021-1-3
- Семенович Ю.А., Булохов А.Д., Полуянов А.В., Волкова Е.М. Синтаксономический обзор мезофитных широколиственных лесов союза *Aceri campestris*–*Quercion roboris* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015 юго-запада России // Растительность России. 2022. № 44. С. 136–162.
- Серебрянная Т.А. Взаимоотношения леса и степи на Среднерусской возвышенности в голоцене // История биоценозов СССР в голоцене / ред. Л.Г. Динесман. М.: Наука, 1976. С. 59–166.
- Серебрянная Т.А., Ильвес Э.О. Палинологические материалы по голоценовым отложениям района Верхней Оки // Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода. 1974. № 42. С. 159–165.
- Спиридонова Е.А. Эволюция растительного покрова бассейна Дона в верхнем плейстоцене-голоцене. М.: Наука, 1991. 221 с.
- Сычева С.А. Развитие пойменных почв и ландшафтов в голоцене в районе Куликова поля // Почвоведение. 2009. № 1. С. 18–28.

- Фоломеев Б.А., Александровский А.Л., Гласко М.П., Гоняный М.И., Гуман М.А. Древние поселения и природная среда приустьевой части Непрядвы // Куликово поле. Материалы исследования / ред. А.К. Зайцев. М.: Государственный исторический музей, 1990. С. 10–53.
- Фоломеев Б.А., Гласко М.П., Хотинский Н.А., Гуман М.А., Александровский А.Л., Былинская Л.Н. Монастырщина II – неолитическое и средневековое поселение на Куликовом поле в верховьях Дона // Археология и палеогеография мезолита и неолита Русской равнины / ред. И.П. Герасимов. М.: Наука, 1984. С. 120–136.
- Хотинский Н.А. История и география Куликова поля. М.: Знание, 1988. 64 с.
- Хотинский Н.А., Фоломеев Б.А., Гуман М.А. Археолого-палеогеографические исследования на Средней Оке // Советская археология. 1979. № 3. С. 6–81.
- Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. 2011. Vol. 6. № 3. P. 457–474. DOI: 10.1214/ba/1339616472
- Borisova O., Sidorchuk A., Panin A. Palaeohydrology of the Seim River basin, Mid-Russian Upland, based on palaeochannel morphology and palynological data // Catena. 2006. Vol. 66. № 1–2. P. 53–73. DOI: 10.1016/j.catena.2005.07.010
- Davis B.A.S., Brewer S., Stevenson A.C., Guiot J. The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data // Quat. Sci. Rev. 2003. Vol. 22. P. 1701–1716.
- Finsinger W., Bonnici I. Tapas: an R package to perform trend and peaks analysis. 2022. DOI: 10.5281/zenodo.6344463 (accessed 01.06.2022).
- Higuera P.E., Brubaker L.B., Anderson P.M., et al. Vegetation mediated the impacts of postglacial climate change on fire regimes in the south-central Brooks Range, Alaska // Ecol. Monographs. 2009. Vol. 79. P. 201–219.
- Kurbanova F., Makeev A., Aseyeva E., Kust P., Khokhlova O., Puzanova T., Sverchkova A., Kozmirchuk I. Pedogenic response to Holocene landscape evolution in the forest-steppe zone of the Russian Plain // Catena. 2023. Vol. 220. Part A. Art. 106675. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106675
- Lukanina E., Shumilovskikh L., Novenko E. Vegetation and fire history of the East-European forest-steppe over the last 14,800 years: A case study from Zamostye, Kursk region, Russia // Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol. 2022. Vol. 605. Art. 111218. DOI: 10.1016/j.palaeo.2022.111218
- Mauri A., Davis B.A.S., Collins P.M., Kaplan J.O. The climate of Europe during the Holocene: a gridded pollen-based reconstruction and its multi-proxy evaluation // Quat. Sci. Rev. 2015. Vol. 112. P. 109–127. DOI: 10.1016/j.quascirev.2015.01.013
- Mooney S., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments // Mires and Peat. 2011. Vol. 7. P. 1–18.
- Novenko E.Yu., Volkova E.M. The middle and late Holocene vegetation and climate history of the forest-steppe ecotone area in the central part of European Russia // Geograph. Rev. Japan. Series B. 2015. Vol. 87. № 2. P. 1–8. DOI: 10.1007/s10531-016-1051-8
- Novenko E.Yu., Tsyganov A.N., Rudenko O.V., et al. Mid- and late-Holocene vegetation history, climate and human impact in the forest-steppe ecotone of European Russia: new data and a regional synthesis // Biodivers. Conserv. 2016. Vol. 25. P. 2453–2472. DOI: 10.1007/s10531-016-1051-8
- Novenko E.Yu., Volkova E.M., Glasko M.P., et al. Palaeoecological evidence for the middle and late Holocene vegetation, climate and land use in the upper Don River basin (Russia) // Veget. Hist. Archaeobot. 2021. Vol. 21. P. 337–352. DOI: 10.1007/s00334-011-0339-6
- PAGES 2k Consortium. Continental-scale temperature variability during the past two millennia // Nature Geosci. 2013. Vol. 6. P. 339–346. DOI: 10.1038/ngeo1834
- Panin A., Adamiec G., Buylaert J.-P., et al. Two Late Pleistocene climate-driven incision/aggradation rhythms in the middle Dnieper River basin, west-central Russian Plain // Quat. Sci. Rev. 2017. Vol. 166. P. 266–288. DOI: 10.1016/j.quascirev.2016.12.002
- R Core Team (2021) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. www.R-project.org/ (accessed 01.02.2022).
- Reimer P., Austin W.E.N., Bard E., et al. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP) // Radiocarbon. 2020. Vol. 4. P. 725–757. DOI: 10.1017/RDC.2020.41
- Shumilovskikh L.S., Novenko E., Giesecke T. Long-term dynamics of the East European forest-steppe ecotone // J. Veget. Sci. 2018. Vol. 29. P. 416–426. DOI: 10.1111/jvs.12585
- Volkova E.M., Lebedeva M.V., Yamalov S.M. Vegetation dynamics of Kulikovo Field agrostepes: the contribution of environmental factors // IOP Conf. Series: Earth and Environment. Sci. 2021. Vol. 817. Art. 012112. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012112
- Whitlock C., Higuera P.E., McWethy D.B., et al. Paleoeological Perspectives on Fire Ecology: Revisiting the Fire-Regime Concept // Open Ecol. J. 2010. Vol. 3. P. 6–23. DOI: 10.2174/1874213001003020006

Reconstructions of Paleofires in the Upper Don Basin in the Late Holocene

D. A. Kupriyanov^a, E. M. Volkova^{b, *}, V. V. Mironov^b, O. A. Leonova^b,
A. A. Chepurnaya^c, and E. Yu. Novenko^{d, e; **}

^aLaboratory of Contextual Anthropology, Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

^bDepartment of Biology, Tula State University, Tula, Russia

^cDepartment of Physical Geography and Landscape Science, Faculty of Geography,
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

^dDepartment of Quaternary Paleogeography, Institute of Geography
of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

^eFaculty of Geography and Geoinformation Technologies, HSE University, Moscow, Russia

*e-mail: convallaria@mail.ru

**e-mail: lenanov@mail.ru

Reconstruction of the fire frequency in the area of the Kulikovo Battlefield Museum Reserve (Upper Don Basin, Central Russian Upland) over the last 4000 years was carried out on the basis of macrocharcoal analysis (study of macroscopic charcoal particles with a linear size greater than 100 µm) of the peat core from the Podkosmovsky bog, which received the status of a specially protected natural area in 2013. The results of macroscopic charcoal analysis were compared with published quantitative reconstructions of forest cover and vegetation dynamics in the region, palynological data and archaeological material. The results of the study showed low fire activity in the area of the Kulikovo Battlefield between 4000 and 1500 cal (calibrated) years BP. According to the results of pollen analysis, the study area belonged to the forest-steppe vegetation zone during this period. The mosaic of plant cover included patches of deciduous pine forests, floodplain alder forests and grassland steppes on dry slopes. The forest cover of the area was 30–40% and reached 45% at about 2700 cal years BP, when the climate cooled and humidity increased. From 1500 cal years BP, the rate of charcoal accumulation in the peat deposit of the Podkosmosky bog gradually increased. The highest frequency of forest fires and the highest charcoal accumulation rates in peat were found for the period 900–300 cal years BP. The relationship between the periods of increased charcoal influx and climatic changes in the Late Holocene has not been established, but there is a clear correspondence between the interval of increased charcoal accumulation in peat and the stages of human activity in the region, confirmed by numerous archaeological finds. The decrease in forest cover in the study area to 15–20% over the same period and the abundance of anthropogenic pollen indicators in the pollen assemblages indicate an increase in human impact on the vegetation.

Keywords: peat deposit, fire return interval, macroscopic charcoal, paleoantracological analysis, forest coverage, analysis of plant macro remains, pollen analysis

REFERENCES

- Aleksandrovskiy A.L., Chendev Y.G., Trubitsyn M.A. Paleo soil indicators of changes in ecological conditions in the central forest-steppe during the late Holocene. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2011, no. 6, pp. 87–99. (In Russ.).
- Alexandrovskiy A.L., Chendev Y.G., Yurtaev A.A. Soils with the Second Humus Horizon, Paleochernozems, and the History of Pedogenesis at the Border between Forest and Steppe Areas. *Eurasian Soil Sci.*, 2022, vol. 55, no. 2, pp. 127–146.
<https://doi.org/10.1134/S1064229322020028>
- Alifanov V.M., Gugalinskaya L.A., Ovchinnikov A.Yu. Formation of soil-forming rocks of Holocene soils in the center of the East European Plain. *Probl. Reg. Ecol.*, 2015, no. 6, pp. 31–35. (In Russ.).
- Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Anal.*, 2011, vol. 6, no. 3, pp. 457–474.
<https://doi.org/10.1214/ba/1339616472>
- Borisova O., Sidorchuk A., Panin A. Palaeohydrology of the Seim River basin, Mid-Russian Upland, based on palaeochannel morphology and palynological data. *Catena*, 2006, vol. 66, no. 1–2, pp. 53–73.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.07.010>
- Burova O.V., Glasko M.P. Reconstruction of Upper Don forest-steppe ecosystems (Kulikovo field) based on paleoecological reconstructions. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2007, no. 1, pp. 107–119. (In Russ.).
- Burova O.V., Naumov A.N. Changing structure of the land use system in the Don River Upper Reaches from the end of the 12th to the beginning of the 20th centuries A.D. (the case study of the Zhurishki beam complex, Tula region). *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2022, no. 4, pp. 639–650. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S2587556622040033>
- Davis B.A.S., Brewer S., Stevenson A.C., Guiot J. The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. *Quat. Sci. Rev.*, 2003, no. 22, pp. 1701–1716.
- Finsinger W., Bonnici I. Tapas: an R package to perform trend and peaks analysis, 2022. (accessed: 01.06.2022).
<https://doi.org/10.5281/zenodo.6344463>

- Folomeev B.A., Aleksandrovskiy A.L., Glasko M.P., Gonyanyi M.I., Guman M.A. Ancient settlements and environment in the mouth part of the Nepryavda River. In *Kulikovo pole. Materialy issledovaniya* [Kulikovo Field. Research Materials]. Zaitzev A.K., Ed. Moscow: Gos. Istor. Musei, 1990, pp. 10–53. (In Russ.).
- Folomeev B.A., Glasko M.P., Khotinskii N.A., Guman M.A., Aleksandrovskiy A.L., Bylinskaya L.N. Monastyrshchyna II is the Neolithic and Medieval settlement on Kulikovo field in the Upper Don River Basin. In *Arkheologiya i paleogeografiya mezolita i neolita Russkoi ravniny* [Archaeology and Paleogeography of the Mesolithic and Neolithic of the Russian Plain]. Gerasimov I.P., Ed. Moscow: Nauka Publ., 1984, pp. 120–136. (In Russ.).
- Gerasimova O.A., Sycheva S.A. Landscapes and soils of the central forest-steppe in the East-European Plain at 4th–5th centuries A.D. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2010, no. 3, pp. 69–81. (In Russ.).
- Gonyanyi M.I., Aleksandrovskiy A.L., Glasko M.P. *Severnaya lesostep' basseina Verkhnego Dona vremeni Kulikovskoi bitvy* [Northern Forest Steppe in the Upper Don River Basin at the Age of Kulikovskaya Battle]. Moscow: Unoprint Publ., 2007. 208 p.
- Gorskaya E.A., Glasko M.P., Aleksandrovskiy A.L. Changes in soils and relief of floodplain of the Upper Don River basin in the area of settlements of the 16th–17th centuries A.D. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2016, no. 6, pp. 67–81. (In Russ.).
<https://doi.org/10.15356/0373-2444-2016-6-67-81>
- Gvozdet'skii N.A. *Fiziko-geograficheskoe raionirovanie SSSR* [Physical-Geographical Zoning of the USSR]. Moscow: Izd-vo Mosk. Univ., 1968. 576 p.
- Higuera P.E., Brubaker L.B., Anderson P.M., Hu F.S., Brown T.A. Vegetation mediated the impacts of postglacial climate change on fire regimes in the south-central Brooks Range, Alaska. *Ecol. Monogr.*, 2009, no. 79, pp. 201–219.
- Isachenko A.G. *Landshafty SSSR* [Landscapes of USSR]. Leningrad: Izd-vo Leningrad. Univ., 1985. 320 p.
- Khotinskii A.L., Folomeev B.A., Guman M.A. Archaeological-paleogeographical research in the Middle Oka River basin. *Sovet. Arkheol.*, 1979, no. 3, pp. 6–81. (In Russ.).
- Khotinskii N.A. *Istoriya i geografiya Kulikova polya* [History and Geography of Kulikovo Field]. Moscow: Znanie Publ., 1988. 62 p.
- Klimanov V.A., Serebrianaya T.A. Changes of vegetation and climate on the Middle-Russian Upland in the Holocene. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1986, no. 2, pp. 93–101. (In Russ.).
- Kurbanova F., Makeev A., Aseyeva E., Kust P., Khokhlova O., Puzanova T., Sverchkova A., Kozmirschuk I. Pedogenic response to Holocene landscape evolution in the forest-steppe zone of the Russian Plain. *Catena*, 2023, no. 220, Part A, art. 106675.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106675>
- Lukanina E., Shumilovskikh L., Novenko E. Vegetation and fire history of the East-European forest-steppe over the last 14,800 years: A case study from Zamostye, Kursk region. Russia. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2022, vol. 605, no. 1, art. 111218.
<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2022.111218>
- Mauri A., Davis B.A.S., Collins P.M., Kaplan J.O. The climate of Europe during the Holocene: a gridded pollen-based reconstruction and its multi-proxy evaluation. *Quat. Sci. Rev.*, 2015, vol. 112, pp. 109–127.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.01.013>
- Mooney S., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments. *Mires Peat*, 2011, no. 7, pp. 1–18.
- Nosova M.B. Modern pollen spectra in broadleaved forest zone and forest-steppe ecotone. *Izv. Tul'sk. Gos. Univ., Estestv. Nauki*, 2019, no. 3, pp. 94–108. (In Russ.).
- Novenko E.Yu. Reconstruction of arboreal vegetation dynamics in the area of museum-reserve “Kulikovo field” during the Middle and Late Holocene. *Nat. Conserv. Res. Zapoved. Nauka*, 2017, vol. 2, no. S2, pp. 66–76. (In Russ.).
<https://doi.org/10.24189/ncr.2017.034>
- Novenko E.Yu. Landscape and climate dynamics in Central and Eastern Europe during the Holocene – assessment of future environmental changes. *Geomorfolog.*, 2021, no. 3, pp. 24–47. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S0435428121030093>
- Novenko E.Yu., Glasko M.P., Volkova E.M., Zugarova I.S. Landscape and climate dynamics of the Upper Don River basin in the Mid- and Late Holocene. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2013, no. 2, pp. 68–82. (In Russ.).
- Novenko E.Yu., Volkova E.M. The middle and late Holocene vegetation and climate history of the forest-steppe ecotone area in the central part of European Russia. *Geogr. Rev. Jpn. Ser. B*, 2015, vol. 87, no. 2, pp. 1–8.
<https://doi.org/10.1007/s10531-016-1051-8>
- Novenko E.Yu., Tsyganov A.N., Rudenko O.V., Volkova E.V., Zuyganova I.S., Babeshko K.V., Olchev A.V., Losbenev N.I., Payne R.J., Mazei Y.A. Mid- and Late-Holocene vegetation history, climate and human impact in the forest-steppe ecotone of European Russia: new data and a regional synthesis. *Biodivers. Conserv.*, 2016, vol. 25, pp. 2453–2472.
<https://doi.org/10.1007/s10531-016-1051-8>
- Novenko E.Yu., Zyuganova I.S., Dyuzhova K.V., Volkova E.M. Vegetation dynamics on the southern boundary of the broad-leaved forest zone of the East European Plain in the middle and late Holocene. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2017, no. 5, pp. 82–94. (In Russ.).
<https://doi.org/10.7868/S0373244417050073>
- Novenko E.Yu., Volkova E.M., Glasko M.P., Zugarova I.S. Palaeoecological evidence for the Middle and Late Holocene vegetation, climate and land use in the Upper Don River basin (Russia). *Veg. Hist. Archaeobot.*, 2021, no. 21, pp. 337–352.
<https://doi.org/10.1007/s00334-011-0339-6>
- PAGES 2k Consortium. Continental-scale temperature variability during the past two millennia. *Nat. Geosci.*, 2013, no. 6, pp. 339–346.
<https://doi.org/10.1038/ngeo1834>
- Panin A., Adamiec G., Buylaert J.-P., Matlakhova E., Moska P., Novenko E. Two Late Pleistocene cli-

- mate-driven incision/aggradation rhythms in the middle Dnieper River basin, west-central Russian Plain. *Quat. Sci. Rev.*, 2017, vol. 166, pp. 266–288. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.12.002>
- R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (accessed: 01.02.2022). <http://www.r-project.org/>
- Rastitel'nost' Evropeiskoi chasti SSSR* [Vegetation of the European Part of the USSR]. Gribova S.A., Isachenko T.I., Lavrenko E.M., Eds. Leningrad: Nauka Publ., 1980. 425 p.
- Razuvaev V.N., Bulygina O.N., Korshunova N.N., Klshchenko L.K., Kuznetsova V.N., Trofimenko L.T., Shestyukov A.B., Svets N.V., Davletin S.G., Zvereva G.N. *Nauchno-prikladnoi spravochnik "Klimat Rossii"* [Scientific and Applied Reference Book Climate of Russia], 2021. (accessed: 10.12.2022). <http://aisori-m.meteo.ru/climspn>
- Reimer P., Austin W.E.N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Butzin M., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hajdas I., Heaton T.J., Hogg A., Kromer B., Manning S.W., Muscheler R., Palmer J.G., Pearson C., van der Plicht J., Reim Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Turney C.S.M., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Köhler P., Kudsk S., Miyake F., Olsen J., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo S. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 2020, no. 4, pp. 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Rozova I.V., Volkova E.M. The assessment of the land structure of Kulikovo field with using GIS technologies. *Izv. Tul'sk. Gos. Univ., Estestv. Nauki*, 2020, no. 3, pp. 27–39. (In Russ.).
- Semenishchenkov Yu.A., Bulokhov A.D., Poluyanov A.V., Volkova E.M. Syntaxonomical survey of mesophilous broad-leaved forests of the alliance *Aceri campestris–Quercion roboris* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015 on the South-West of Russia. *Rastitel. Ross.*, 2022, no. 44, pp. 136–162. (In Russ.).
- Semenishchenkov Yu.A., Volkova E.M. Ecological and floristic differences of two types of broad-leaved forest communities on the Middle-Russian Upland. *Rus. J. Ecosyst. Ecol.*, 2021, vol. 6, no. 1, pp. 36–54. (In Russ.). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2021-1-3>
- Serebriannaya T.A. The relationship of forest and steppe on the Mid-Russian upland in the Holocene. In *Istoriya biotsenozov SSSR v golotsene* [The History of Biocenoses of the USSR in the Holocene]. Dinesman L.G., Ed. Moscow: Nauka Publ., 1976, pp. 59–166. (In Russ.).
- Serebriannaya T.A., Il'ves E.O. Palynological data from the Holocene deposits of the Upper Oka region. *Byull. Komiss. Izuch. Chetvert. Period.*, 1974, no. 42, pp. 159–165. (In Russ.).
- Shumilovskikh L.S., Novenko E., Giesecke T. Long-term dynamics of the East European forest-steppe ecotone. *J. Veget. Sci.*, 2018, no. 29, pp. 416–426. <https://doi.org/10.1111/jvs.12585>
- Spiridonova E.A. *Evolutsiya rastitel'nogo pokrova basseina Dona v verkhnem pleistotsene-golotsene* [Evolution of the Vegetation Cover of the Don River Basin in the Upper Pleistocene-Holocene]. Moscow: Nauka Publ., 1991. 221 p.
- Sycheva S.A. Holocene evolution of floodplain soils and landscapes in the Kulikovo field area. *Eurasian Soil Sci.*, 2009, vol. 42, no. 1, pp. 13–23. <https://doi.org/10.1134/S1064229309010037>
- Volkova E.M. Floodplain mires of the north-eastern part of Mid-Russian Upland. *Bot. Zh.*, 2011, vol. 96, no. 4, pp. 503–514. (In Russ.).
- Volkova E.M., Burova O.V., Rozova I.V. *Vosstanovlenie stepnoi rastitel'nosti Kulikova polya. Metody i rezul'taty eksperimentov* [The Restoration of Steppe Vegetation of Kulikovo Field. Methods and Results of Experiments]. Tula: Tul'sk. Gos. Univ., 2022. 61 p.
- Volkova E.M., Lebedeva M.V., Yamalov S.M. Vegetation dynamics of Kulikovo field agrostepes: the contribution of environmental factors. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 2021, vol. 817, art. 012112. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/817/1/012112>
- Volkova E.M., Poliancheva C.A., Rozova I.V., Burova O.V. The experimental restoration of steppe vegetation of Kulikovo field (Tula region): some results of the cenotic diversity assessment. *Izv. Tul'sk. Gos. Univ., Estest. Nauki*, 2020, no. 4, pp. 49–64. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2071-6176-2020-10406>
- Whitlock C., Higuera P.E., McWethy D.B., Briles C.E. Paleocological Perspectives on Fire Ecology: Revisiting the Fire-Regime Concept. *Open Ecol. J.*, 2010, no. 3, pp. 6–23. <https://doi.org/10.2174/1874213001003020006>
- Zatsarinna D.V., Volkova E.M., Leonova O.A. The vegetation diversity of floodplain mires in south-eastern part of Tula region. *Izv. Tul'sk. Gos. Univ., Estest. Nauki*, 2022, no. 1, pp. 28–36. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2071-6176-2022-1-28-37>

МИКРОБИОМОРФНЫЙ АНАЛИЗ В ИЗУЧЕНИИ ПОЗДНЕЛЕДНИКОВОЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРЕЗА КУЛИКОВО (САМБИЙСКИЙ ПОЛУОСТРОВ, КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2024 А. А. Гольева¹, О. А. Дружинина^{2, *}

¹Институт географии РАН, Москва, Россия

²Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: olga.alex.druzhinina@gmail.com

Поступила в редакцию 10.09.2023 г.

После доработки 24.12.2023 г.

Принята к публикации 26.12.2023 г.

Статья посвящена предварительным результатам исследования разреза Куликово (Самбийский полуостров, Калининградская область, Россия), вскрывающего отложения одного из позднеледниковых палеоводоемов. Разрез представлен алевритами с прослойками торфа. Уникальность разреза обусловлена его хорошей сохранностью. В то время как большая часть палеоводоемов, существовавших вдоль побережья Балтийского моря, впоследствии была разрушена в ходе голоценовых морских трансгрессий и регрессий, обнаруженные отложения предоставляют возможность детального изучения природной среды позднеледникового юго-восточной части побережья Балтийского моря во временном интервале от среднего до позднего дриаса (~14200–12500 кал. л. н.). Впервые для региона данный тип отложений исследован методом микробиоморфного анализа. При этом решались две основные задачи: оценить информативность метода применительно к позднеледниковым отложениям палеоводоемов и получить дополнительные локальные данные о растительности и окружающей среде позднеледникового. Первый этап изучения разреза показал высокую информативность метода. Получены сведения о составе микробиоморфных спектров позднеледниковых водных отложений. Он включает в себя 4 основных категории микробиоморф: фитолиты растений, панцири диатомовых водорослей, спикулы губок, растительный детрит. В отдельную группу выделены сферулы, обогащенные железом (Fe). На основании имеющихся предварительных результатов можно сделать вывод о неоднократной смене гидрологических условий на прилегающей территории, выразившейся в изменении проточности водоема. Получены также данные о растительных сообществах, окружавших палеоводоем: они были представлены тростниковыми зарослями, луговой и лесной растительностью, включая хвойные деревья. Последний факт особенно важен при решении дискуссионного вопроса о распространении древесных пород на освобожденных от ледника пространствах. Обнаружение железистых сферул в отложениях Куликово имеет существенное значение для дальнейшего исследования влияния импактных событий на природу позднеледникового.

Ключевые слова: микробиоморфы, фитолиты, железистые микросферулы, позднеледниковые, постледниковый водоем

DOI: 10.31857/S2587556624010078, **EDN:** GLCKXV

ВВЕДЕНИЕ

Юго-восточная часть побережья Балтийского моря (современная Калининградская область России) относится к районам, покрытым ледником в период максимума валдайского оледенения (рис. 1) (Huges et al., 2015). С началом дегляциации в позднем плейстоцене природная среда этой территории претерпела значительные изменения, реконструкция которых

представляет собой сложную научную задачу. Отступление последнего Скандинавского материкового ледника стало не только основным фактором формирования рельефа и гидросети суши, но и Балтийского моря как такового (Блажчишин, 1998; Kabailinè, 1995; Uścinowicz, 2011). Общая схема палеогеографического развития этого региона с момента деградации последнего оледенения выглядит следующим образом. Возникновение современного Балтийского моря

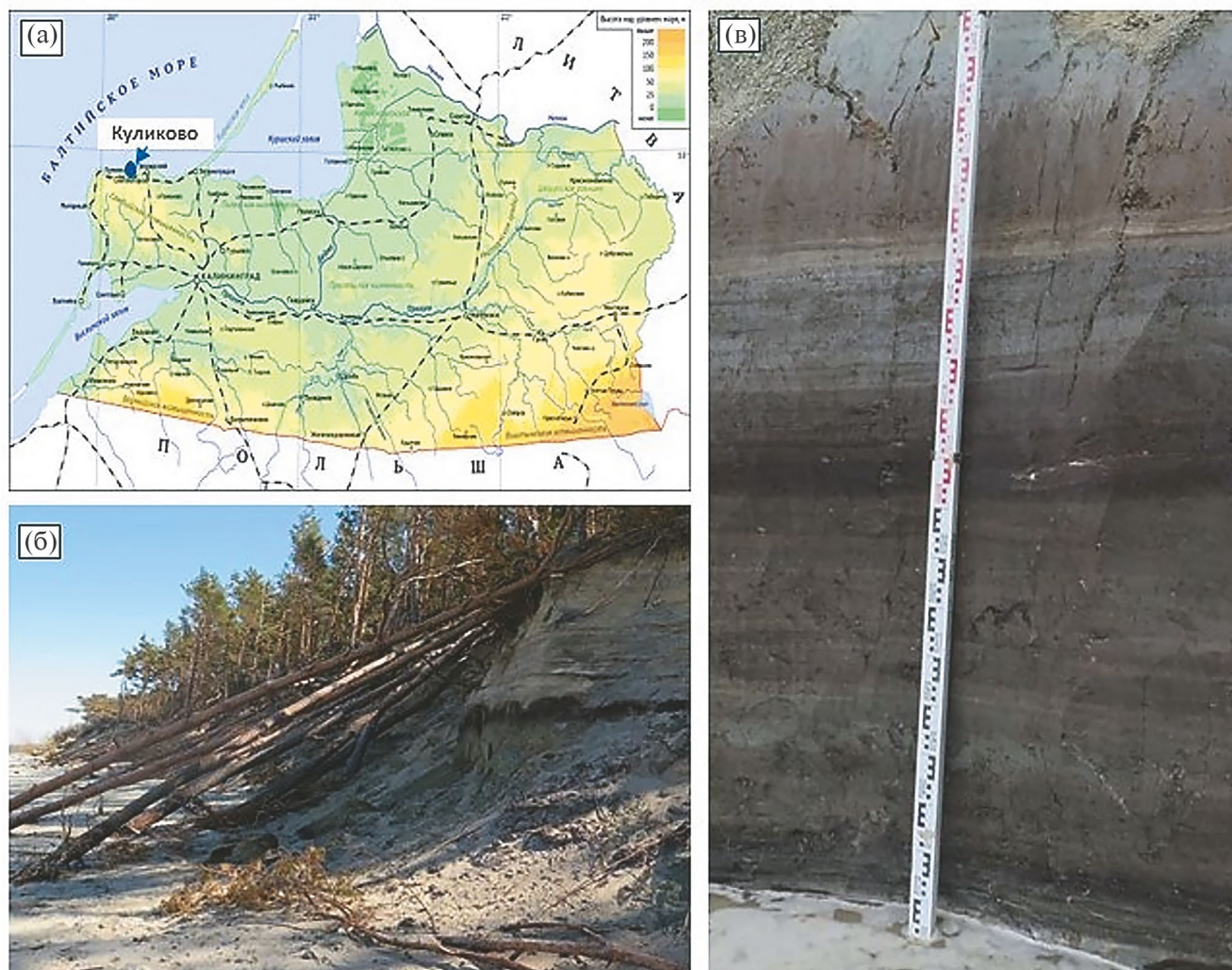


Рис. 1. Разрез Куликово: (а) расположение объекта исследований на карте Калининградской области; (б) абразионный склон Самбийского полуострова; (в) разрез Куликово.

Источник: (Druzhinina et al., 2023a).

связано с отступлением материкового ледника, начавшегося около 20000–19000 и продолжавшегося до 16000–14000 кал. л. н. (Uścińowicz, 2011). Воды тающего ледника собирались перед ним, образуя приледниковые водоемы (подпрудные озера). Вероятно, приледниковые озера, расположенные в то время в современных Борнхольмской и Гданьской котловинах, около 14500–14000 кал. л. н. слились и образовали Балтийское ледниковое озеро (БЛО). Одновременно, на суше существовали обособленные более мелкие бассейны, собиравшие воды тающего мертвого льда и вновь образующейся гидрографической сети. Размер и колебания уровня воды БЛО сильно зависели от колебаний фронта ледника в Скандинавии, открытия и закрытия связи с океаном, что приводило к сложной динамике всей системы БЛО и более мелких водоемов на суше. Последнее ледниковое изостатическое поднятие усложняло эволюцию прибрежных ландшафтов: по оценкам

польских исследователей, земная кора после дегляциации в районе южной части Балтийского моря была на 90 м ниже, чем в настоящее время, и испытала поднятие в относительно короткое время (Uścińowicz, 2011).

Водоем, отложения которого вскрыты в разрезе Куликово, представлял собой, по-видимому, один из неглубоких бассейнов, образовавшихся на суше в результате деградации льда (Druzhinina et al., 2023a). Уникальность разреза заключается в том, что большая часть отложений послеледниковых водоемов, существовавших вдоль побережья Балтийского моря, впоследствии была разрушена в ходе голоценовых трансгрессий и регрессий. Согласно реконструкциям древних берегов БЛО и собственно Балтийского моря, после окончательного отступления ледника из данной части Прибалтики (14500–14000 кал. л. н.), к суше относилась ныне затопленная полоса побережья шириной в несколько десятков километров (Блажчишин,

1998; Sivkov et al., 2011). Возможно, в период между 14000 и 11600 кал. л. н. имели место трансгрессии БЛО (Sivkov et al., 2011), при которых осуществлялся водообмен между последним и внутренними водоемами. Голоценовая абразия побережья и неотектонические процессы привели к тому, что остатки отложений палеоводоема Куликово обнажились в эрозионном береговом уступе Самбийского полуострова Балтийского моря. Отложения представлены алевроитами с прослойками торфа и предоставляют возможность детального изучения и реконструкции локальной природной среды данной части Прибалтики.

Исследование разреза начато в 2022 г. комплексом методов, среди которых литологический (гранулометрический состав, потери при прокаливании, содержание карбонатов, магнитная восприимчивость), геохронологический, диатомовый, палинологический, альго-зоологический, хирономидный и микробиоморфный анализы (Druzhinina et al., 2023a). Последний занимает особое место в изучении разреза, поскольку исследование позднеледниковых отложений методом микробиоморфного анализа проводится впервые не только на территории Калининградской области, но и всей Прибалтики (Дружинина, 2020). Метод основан на изучении микроостатков биоты (микробиоморф) в контексте условий их образования (Гольева, 2001, 2008). В состав микробиоморф могут входить растительный детрит, спикеры губок, панцири диатомовых водорослей, растительные кутикулярные слепки, фитолиты (кремниевые копии клеток), споры и пыльца и ряд других частиц биогенной природы микроскопической размерности. Каждая из этих категорий частиц образуется в определенных экологических условиях и, обладая высокой устойчивостью и сохранностью, позволяет их диагностировать спустя длительный промежуток времени (тысячи – миллионы лет) (Yost et al., 2018). Наиболее интересна и разнообразна информация, получаемая при изучении всего комплекса микробиоморф и одновременном учете их количественных и качественных характеристик.

Проведенный ранее микробиоморфный анализ голоценовых лагунных отложений в Куршском заливе Балтийского моря позволил получить сведения не только о типах локальных растительных сообществ на окружающей территории, но и о колебаниях уровня воды в лагуне (Druzhinina et al., 2023b). В исследовании же отложений разреза Куликово были поставлены следующие задачи: 1) оценить информативность метода применительно к позднеледниковым отложениям палеоводоемов; 2) получить дополнительные данные о локальных растительности и окружающей среде позднеледниковья.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Территория Калининградской области располагается на западе Русской (Восточно-Европейской) равнины. Регион расположен на северо-западной окраине Русской платформы, в пределах Балтийской синеклизы (Географический ..., 2002). В геоморфологическом отношении этот регион представляет собой чередование обширных равнинных и низменных пространств с отдельными холмисто-грядовыми возвышенностями. Современный рельеф сформировался в результате непосредственной деятельности ледников последнего валдайского оледенения, а также лимно- и флювиогляциальных процессов. Большая часть территории занята Прегольско-Инстручской низменностью, которая на юге переходит в холмистую Балтийскую гряду, а на севере – в Приморскую низменность. Самбийский полуостров, представляя собой холмистую возвышенность, отличается сложными сочетаниями геоморфологических форм: здесь природные комплексы холмистого, холмисто-грядового конечно-моренного и камового рельефа средне-литовской фазы Балтийской (Померанской) стадии последнего валдайского оледенения чередуются с плоскими и слабоволнистыми моренными и озерно-ледниковыми равнинами (Дружинина и др., 2023).

Климат региона является переходным от морского климата Западной Европы к умеренно-континентальному Восточной Европы (Географический ..., 2002). Холодный период года составляет от 90 до 105 дней со средней многолетней температурой января от -3°C на побережье до -6.5°C на востоке. Самым теплым месяцем является июль со среднемесячной температурой от 16.5°C до 18°C . Влажность воздуха высокая – от 70% летом до 80–90% зимой. Годовое количество осадков составляет 600–700 мм, распределение их по территории и по сезонам года неравномерное. Область находится в зоне избыточного увлажнения.

Вся территория относится к лесной зоне, к ландшафтной подзоне смешанных хвойно-широколиственных лесов. В основе строения почвенного покрова лежит смена почв от бурых лесных с простым однообразным профилем до сложноорганизованных дерново-подзолистых и дерново-элювиально-глеевых почв (Географический ..., 2002).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мощность разреза Куликово (54.932° с.ш., 20.357° в.д.) составляет 192 см. Образцы на комплексный палеогеографический анализ отбирались каждые 1–3 см, при этом микробиоморфным методом исследован 71 образец. Микробиоморфный анализ осуществлялся в два этапа. На первом этапе проведено рекогносцировочное исследование образцов на предмет

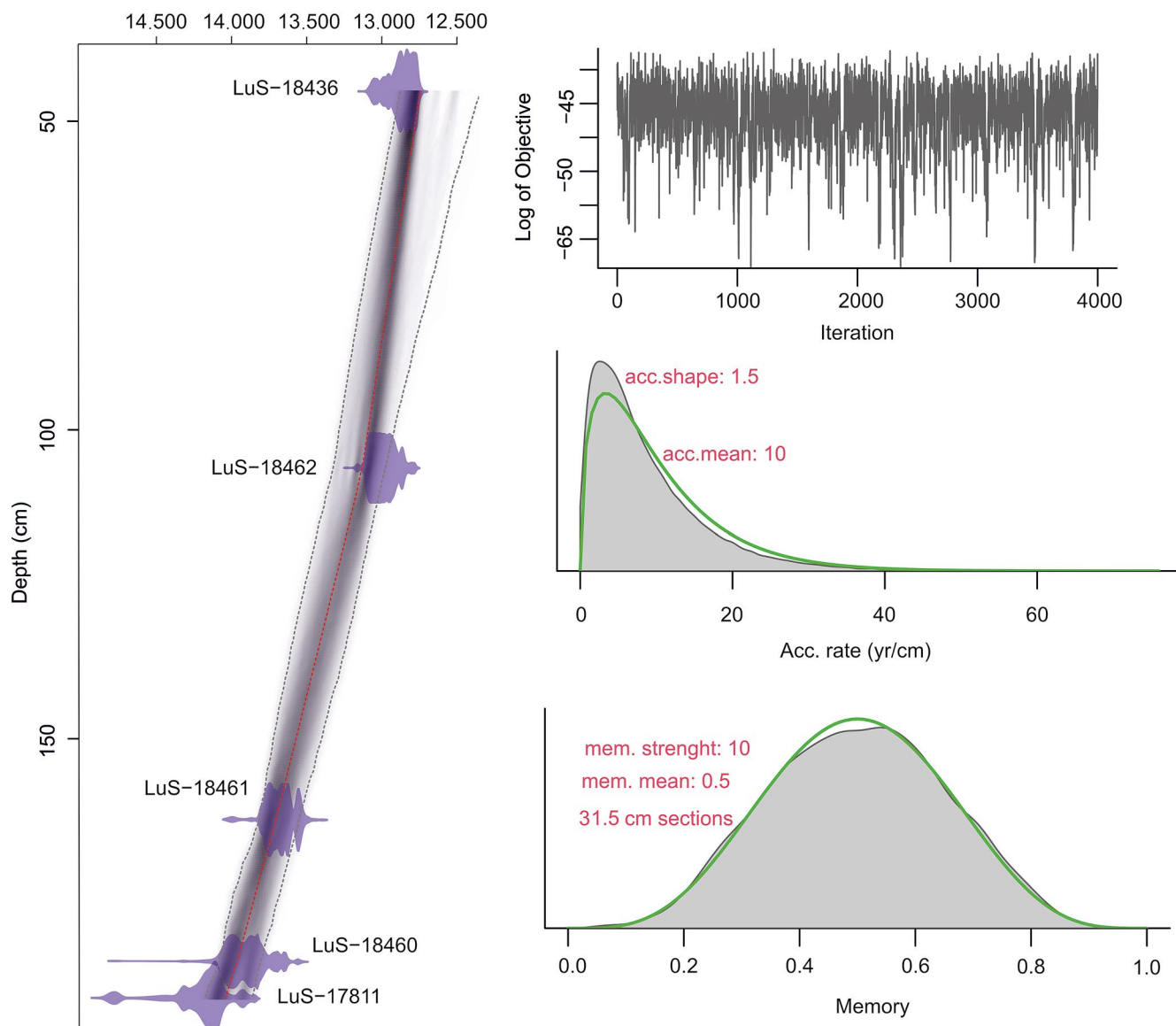


Рис. 2. Возрастная модель разреза Куликово.

Примечание: Использована программа Rbacon (Blaauw and Christen, 2011).

Источник: (Druzhinina et al., 2023a).

потенциальной информативности разреза и состав микробиоморфного спектра (наличие или отсутствие фитолитов, диатомовых, растительного детрита и т.д.). Для этого применялась методика, включающая обработку образца перекисью водорода (37% H_2O_2) при комнатной температуре для разрушения органоминеральных соединений и диспергации породы. Затем высушенные образцы просматривались при помощи электронного микроскопа (SEM) JEOL 6610LV (JEOL, Japan). Наиболее типичные и часто встречающиеся частицы фотографировались. Для оценки относительного содержания различных групп микробиоморф проведен полуколичественный анализ результатов, позволяющий охарактеризовать содержание частиц в следующих категориях: *абсолютно преобладают* — индекс “3”; *среднее*

содержание — индекс “2”; *низкое содержание (единично)* — индекс “1”; *отсутствуют* — индекс “0”. Для уточнения химического состава отдельных частиц в 10 произвольно выбранных образцах был использован INCAx-act microanalyzer (MAn) (Oxford Instruments, GB). В данной статье рассматриваются результаты первого, рекогносцировочного, этапа. Морфологическое описание фитолитов приводится согласно требованиям Международного кода по фитолитной номенклатуре (International ..., 2019), а их биоценотическая характеристика дана по А. Гольевой (Golyeva, 2007).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Хронология разреза. Хронологическую основу исследования составляют 5 AMS¹⁴C датировок, полученных по прослойке торфа (одна проба)

Таблица 1. Литостратиграфическое описание разреза Куликово

Глубина, см	Литостратиграфия
0–14	Гиттиевая глина, серая, плотная
14–63	Глинистая гиттия, от серого до светло-бурого, с редкой органикой
63–88	Гиттия оторфованная, темно-бурая, с тонким песчаным прослоем
88–158	Глинистая гиттия, от темно-серого до бурого, с органикой и ракушкой
158–171	Гиттия, темно-серая с органикой и ракушкой
171–181	Глинистая гиттия, темно-серая, с редкой органикой и ракушкой
181–186	Гиттия оторфованная, темно-бурая
186–192	Глинистая гиттия, бурая, с редкой органикой

и остаткам древесины (четыре пробы) (Druzhinina et al., 2023a). Возрастная модель (рис. 2) построена с помощью программы Rbason (Blaauw and Christen, 2011). Даты откалиброваны с использованием калибровочной кривой IntCal20 (Reimer et al., 2020). Согласно результатам датирования, седиментация в исследуемом бассейне началась $14\,040 \pm 140$ кал. л. н. (средний дриас). Верхней части разреза соответствует дата $12\,770 \pm 240$ кал. л. н. (начало позднего дриаса).

Результаты гранулометрического анализа и литостратиграфическое описание. Гранулометрический состав терригенного вещества отложений, исследованный лазерно-дифрактометрическим методом, свидетельствует о том, что толща накапливалась при изменяющихся условиях осадконакопления (Рудинская и др., 2022; Druzhinina et al., 2023a). В отложениях преобладают фракции глины (<4 мкм) – от 11 до 36%, и алеврита (4–63 мкм) – от 54 до 84%. Доля песка (63–2000 мкм) изменяется от 2.4 до 22.3%. Исключение составляет слой на глубине 78–79 см, где фракция песка резко преобладает, достигая 56.1%.

В целом, по условиям осадконакопления в разрезе выделяются две части. Нижняя часть толщи (глубины 192–162 см) менее глинистая, что указывает на более динамичную среду осадконакопления во время ее формирования. Вверх по разрезу доля глинистой фракции возрастает, и это может свидетельствовать о более спокойных условиях седиментации или увеличении глубины водоема. Значительное возрастание доли песка на глубине 78–79 см, вероятно, указывает на природное событие ($12\,950 \pm 210$ кал. л. н.), повлекшее резкое кратковременное изменение условий седиментации. Этот слой характеризуется также пиком содержания органического вещества (Рудинская и др., 2022).

Литостратиграфическое описание представлено в табл. 1. Используемая литологическая классификация типов донных отложений основана на содержании органического вещества в осадках (Субетто, 2009).

Состав микробиоморфного спектра. Изученные образцы обогащены органическим веществом и биогенным кремнеземом в разных его формах. В составе микробиоморфного спектра отложенный выделены следующие основные группы микробиоморф: фитолиты, панцири диатомовых водорослей, спикеры губок. Результаты сравнительного полуколичественного анализа представлены на рис. 3. Во всех образцах отмечен также растительный детрит.

Обнаружены следующие индикационные формы фитолитов (рис. 4). В подавляющем большинстве это морфотипы ELONGATE ENTIRE, характерные для двудольных и ряда однодольных трав (разнотравье). Фитолиты, относящиеся к морфотипу BLOCKY RECTANGULAR (иглы хвойных), найдены не в каждом образце, однако отмечены в разных частях профиля – от самого низа до верха разреза. О регулярной встречаемости можно говорить и в отношении морфотипов ELONGATE SINUATE и ACUTE BULBOSUS, характерных для луговых злаков. В образце № 16 (глубина 172 см) также встречена форма морфотипа RONDEL CONICAL, характеризующая открытые пространства или сухие луга. Еще один морфотип фитолитов – BULLIFORM FLABELLATE, является диагностом тростника. Большинство фитолитов представлено в виде обломков и не индикационных форм.

Полученные результаты хорошо согласуются с имеющимися данными палинологического анализа разреза (Druzhinina et al., 2023a). Согласно последнему, позднеледниковая растительность характеризовалась обилием степных и луговых трав (Cyperaceae, Poaceae, *Artemisia*, *Fagopyrum* sp., *Valeriana* sp. и др.), растений, характерных для участков с нарушенными грунтами (*Artemisia*, *Amaranthus* sp., *Chenopodium album*). Отдельное место в составе растительного покрова занимали растения болот, влажных лугов и прибрежных местообитаний (*Equisetum*, *Polygonum*). Древесная растительность была представлена, прежде всего, *Pinus sylvestris* и *Betula humilis*.

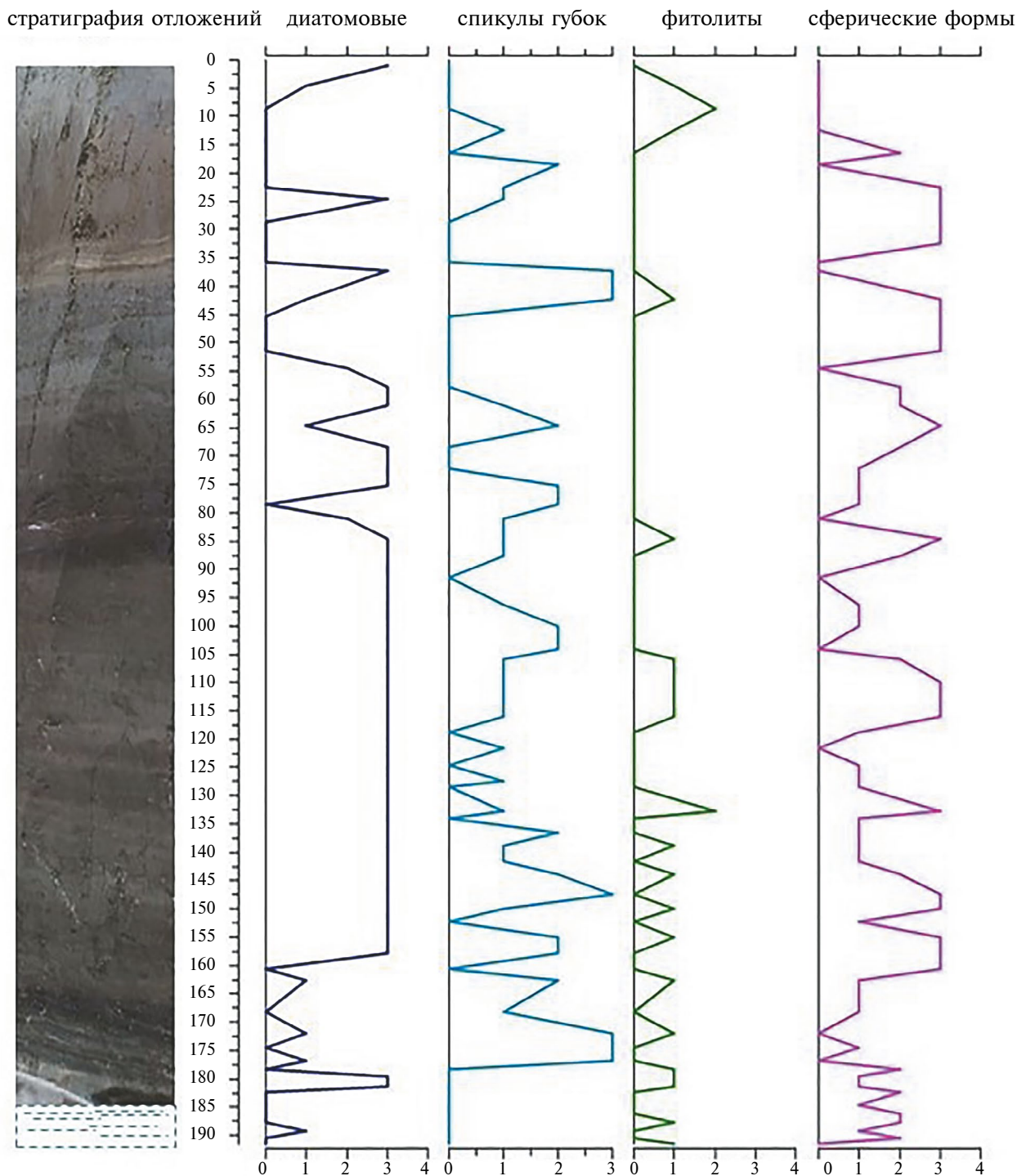


Рис. 3. Сравнительное полуколичественное содержание и распределение органоминеральных микробиоморф и микросферул: 3 — абсолютно преобладают; 2 — среднее содержание; 1 — низкое содержание (единично); 0 — отсутствуют.

В разрезе регулярно встречаются микробиоморфы — останки водных организмов: панцири диатомовых водорослей и спикулы губок (см. рис. 3, 5). По содержанию этих частиц, исследуемую толщу предварительно можно разделить на две части. Самый низ разреза не содержит данных частиц или их встречаемость единична (глубина 192–182 см). Далее количество диатомовых водорослей и спикул

губок, в целом, возрастает; при этом наблюдается чередование слоев с различной степенью обогащенности этими частицами от обилия и абсолютного преобладания одного из типов (например, глубина 182–179 см, диатомовые водоросли; глубина 177–172 см, спикулы губок) до полного их отсутствия (глубина 50–45 см). Очевидно, выявленная специфика содержания и распределения этих водных ми-

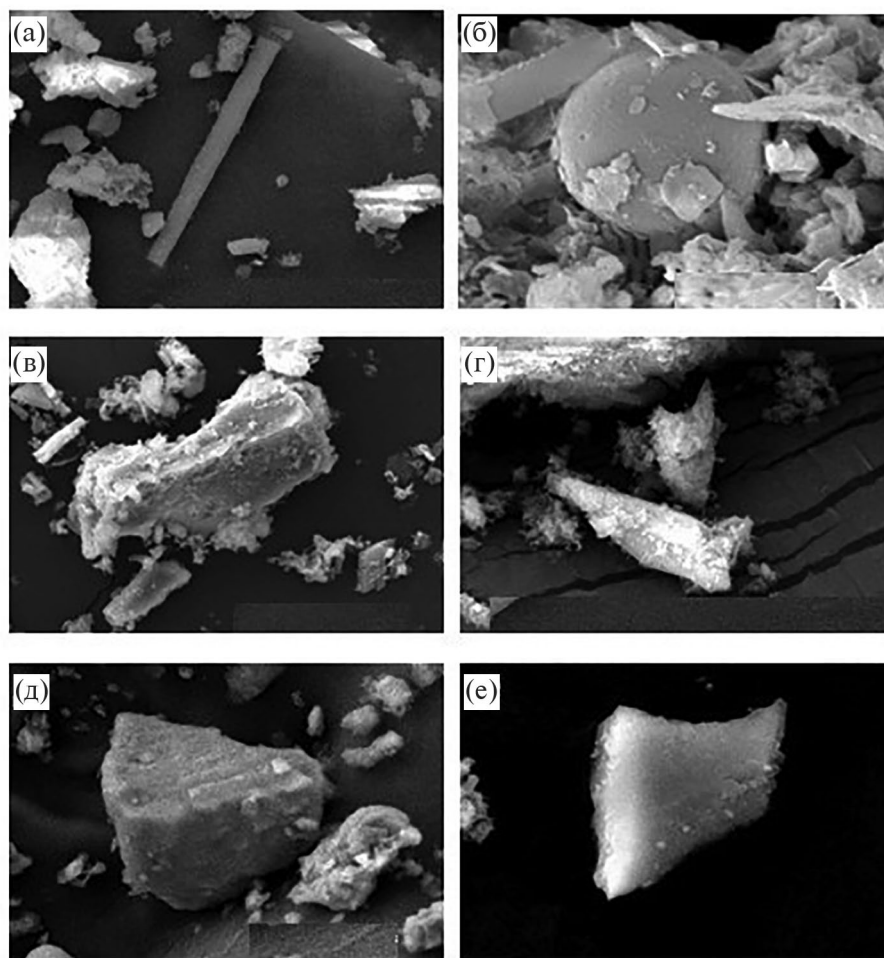


Рис. 4. Разнообразие встреченных морфотипов фитолитов: (а) ELONGATE ENTIRE; (б) SPHEROIDAL; (в) BLOCKY RECTANGULAR; (г) ACUTE BULBOSUS; (д) BULLIFORM FLABELLATE; (е) RONDEL CONICAL. Размеры фитолитов на фотографиях варьируют от 2 до 10 μm .

кроорганизмов отражает генезис формирования осадков исследованной колонки. Следует заметить, что спикулы обнаружены несколько реже, чем диатомовые, в целом их количество меньше. Более того, диатомовые водоросли присутствуют большими скоплениями, панцири крупные, встречаются в виде колоний. Спикулы, в основном, также целые, без признаков коррозии.

Анализ показал наличие в отложениях нескольких видов частиц вещества сферических форм. В то время как кремнистые микробиоморфы (см. рис. 4б) могут относиться к фитолитам мхов или высших растений (злаков, полыней) (SPHEROIDAL), цистам золотистых водорослей Chrysophyceae, а также порам окремненных покровных растительных тканей растений, генезис достаточно большого количества сферул, состоящих преимущественно из железа и выделенных в процессе выборочного определения химического состава частиц, остается пока не до конца решенной задачей (рис. 6). В процентном отношении доля Fe в обнаруженной группе колеблется от 41

до 75%, кислорода (O) от 21 до 53%. Могут присутствовать в небольшом количестве другие элементы, например, Si, Al, Ca, C, S. Данные формы выделены в отдельную группу.

Железистые сферулы. Наличие Fe-обогащенных сферических форм в разрезе заслуживает особого внимания в контексте исследований феномена позднего дриаса и импактной гипотезы — Younger Dryas Impact Hypothesis (Firestone et al., 2007; Teller et al., 2019; West et al., 2020; Wolbach et al., 2020). Она предполагает, что фрагменты астероида или кометы столкнулись с Землей ~12 800 кал. л. н., послужив толчком к последовавшим затем резким и существенным климатическим изменениям. К настоящему моменту имеются данные более чем по 50 местоположениям по всему миру, демонстрирующие высокие концентрации платины, высокотемпературных металлических сферул, расплавленное микростекло и нанодиамазы, присутствующие в слое, соотносимом с началом позднего дриаса (West et al., 2020). Поскольку металлические, в основном железистые, микросферулы являются

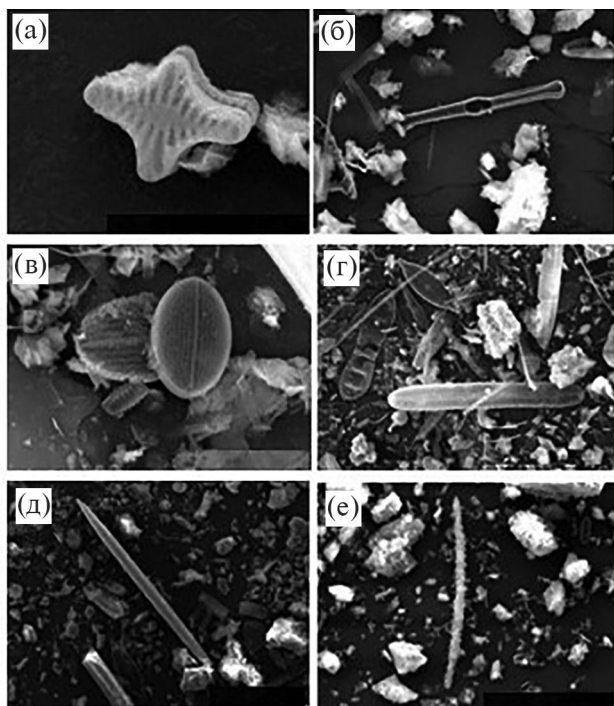


Рис. 5. Разнообразие морфотипов: (а)–(г) диатомовых водорослей; (д), (е) спикул губок. Размеры объектов 5–10 μm .

одним из важнейших доказательств импактных или других космогенных событий, как в отношении позднего дриаса, так и для более ранних геологических эпох, они детально рассматриваются в ряде работ (Miono et al., 1998; Teller et al., 2019; Wittke et al., 2013; Wolbach et al., 2020), что позволяет провести предварительный сравнительный анализ данных разреза Куликово с опубликованным материалом.

Отложения Куликово содержат значительное количество сферул, относящихся к так называемой группе фрамбоидов (*framboids*) (Rickard, 2019), состоящих, главным образом, из Fe и O в разном процентном соотношении. Во фрамбоидах из отложений Куликово присутствует также S; массовая доля ее достигает 4.77%. Фрамбоиды имеют характерную структуру, представленную многочисленными кубическими или ограниченными кристаллами (см. рис. 6а–д); возможна также “сотовая” структура поверхности. Могут образовывать скопления (см. рис. 6д, е). Pino et al. (2019), а также West et al. (2020) указывают, что фрамбоиды не имеют отношения к высокотемпературному импактному воздействию; напротив, наличие не расплавленных кристаллов свидетельствует об условиях формирования вне высоких температур, но медленно, в условиях гипоксии, в самом осадке.

В то же время, в отложениях Куликово выделены и сферические частицы другого характера (см. рис. 6ж), внешне сопоставимые с группой сферул — индикаторов космогенных событий

(см. рис. 6з–м). Согласно Pino et al. (2019), последние, кроме Fe и O, могут содержать в составе Si, а также Pt, Ir и другие редкие элементы. В отличие от фрамбоидов, они имеют поверхность, сформированную в условиях высоких температур ($>1450^\circ\text{C}$) с последующим быстрым охлаждением: в целом, более гладкую, а при высоком разрешении — демонстрирующую дендритную, везикулярную или другие текстуры. Примечательно, что в разрезе Куликово подобные сферулы обнаружены в слое, датированном ~13500 кал. л. н. Данный факт интересен в контексте исследований микроэлементов космогенного генезиса в позднеледниковых отложениях четырех озер на территории Литвы, которые показали присутствие космогенного материала как минимум в двух горизонтах, возникших в результате двух отдельных событий (Andronikov et al., 2015). Более молодой горизонт выявлен во всех изученных толщах и соответствует возрасту ~11000–11500 кал. л. н. Предполагается, что его геохимические особенности являются результатом локального удара метеорита или взрыва болида, предположительно связанного с метеоритным кратером Вельнё Дуобес (Velnio Duobės). Более древний горизонт, выявленный пока только в разрезе Ула-2 (Ūla-2), соответствует возрасту ~13500 кал. л. н. и, вероятно, обусловлен взрывом болида в воздухе.

Важно отметить, что теми же исследователями в озерных отложениях Лопайчай-2 (Lopaičiai-2) обнаружен слой, где присутствует и вулканический, и метеоритный материал, расположенный непосредственно над горизонтом, датированным 12900 ± 162 кал. л. н., и, вероятно, связанный с извержением вулкана Лахер Зе (Laacher See) (~12880 кал. л. н.) и с возможным импактным событием позднего дриаса (Andronikov et al., 2015). По-видимому, горизонт, обнаруженный в Лопайчай-2, коррелирует с горизонтом Куликово 12950 ± 210 кал. л. н., маркирующим природное событие, повлекшее резкое кратковременное изменение условий седиментации.

Очевидно, что дальнейшие исследования разреза Куликово потребуют детального целенаправленного изучения не только описанных выше горизонтов, но и распределения микросферул по разрезу и их химического состава во всех имеющихся образцах для понимания их связи с позднеледниковыми природными событиями.

ВЫВОДЫ

Исследование разреза Куликово (Самбийский полуостров, юго-восточная Прибалтика) методом микробиоморфного анализа показало высокую информативность последнего применительно к изучению отложений позднеледниковых

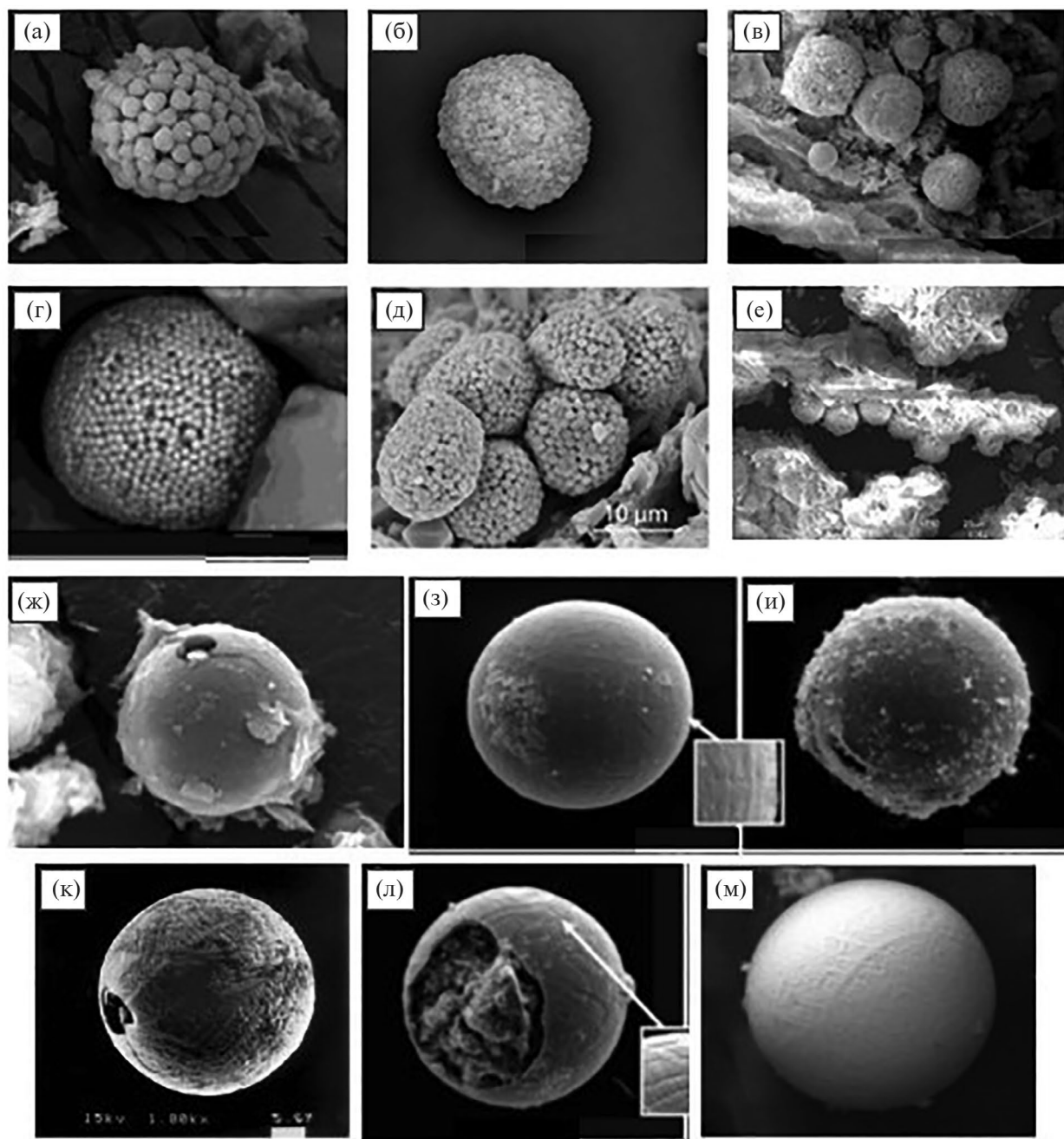


Рис. 6. Обогащенные железом микросферулы: (а), (б), (в), (е) фрамбоиды, разрез Куликово; (г) фрамбоид, разрез Хинд, Канада (Teller et al., 2019); (д) скопление фрамбоидов (Rickard, 2019); (ж) микросферула, разрез Куликово; (з), (и), (л) микросферулы, связываемые с импактным событием позднего дриаса, разрез Хинд, Канада (Teller et al., 2019); (к) микросферула космогенного генезиса, Сасаяма, Япония, импактное событие на рубеже пермского и триасового периодов (Miono et al., 1998); (м) микросферула, разрез Пилауко, Чили, импактное событие позднего дриаса (Pino et al., 2019). Размеры микросферул на фотографиях варьируют от 5 до 40 µm.

водоемов. На первой, рекогносцировочной, стадии анализа удалось выделить несколько групп микробиоморф, среди которых фитолиты, панцири диатомовых водорослей, спикеры губок, растительный детрит. Обнаружены также микросферулы, обогащенные железом.

Индикационные формы фитолитов показали, что локальный растительный покров в рассма-

триваемый интервал времени (~14200–12500 кал. л. н.) был представлен травами влажных и, вероятно, сухих лугов, зарослями тростника и лесной растительностью, включая хвойные породы деревьев (не позднее ~13900 кал. л. н.). Последний факт особенно важен при решении вопроса о распространении древесных пород на освобожденных от ледника территориях.

Флуктуации относительного содержания панцирей диатомовых и спикул губок указывают на неоднократную смену гидрологических условий на прилегающей территории, выразившуюся в изменении проточности водоема.

Микросферулы, обогащенные Fe, содержат в своем составе также O, S, Si, Al и некоторые другие элементы. Часть микросферул относится к группе так называемых фрамбоидов, формирующихся в условиях гипоксии в самом осадке. Другая часть предварительно отнесена к группе микросферул, формирование которых может быть связано с импактным событием. На данном этапе исследований в отложениях Куликово они обнаружены в горизонте с датой ~13500 кал. л. н.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 22-17-00113 “Критические рубежи и палеоклиматические события позднего плейстоцена и голоцена и их роль в формировании природно-культурных ландшафтов юго-восточной Прибалтики”.

FUNDING

The work was supported by the Russian Science Foundation, project 22-17-00113 (<https://rscf.ru/project/22-17-00113>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Блажчишин А.И. Палеогеография и эволюция позднечетвертичного осадконакопления в Балтийском море. Калининград, 1998. 160 с.
- Географический атлас Калининградской области. Калининград: КГУ, ЦНИТ, 2002. 276 с.
- Гольева А.А. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. Сыктывкар: Элиста, 2001. 200 с.
- Гольева А.А. Микробиоморфные комплексы природных и антропогенных ландшафтов: Генезис, география, информационная роль. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 240 с.
- Дружинина О.А. О перспективах применения метода фитолитного анализа в палеолимнологии // Естественные и технические науки. 2020. № 3. С. 139–142.
- Дружинина О.А., Шварев С.В., Кротова-Путинцева А.Е., Сходнов И.Н. Палеогеография юго-восточной Прибалтики. Путеводитель. Полевой семинар рабочей группы Перисбалтик, 18–22 июля 2023. Калининград: Страж Балтики, 2023. 78 с.
- Рудинская А.И., Филиппова К.Г., Лазукова Л.И., Дружинина О.А., Бурко А.А., Сходнов И.Н. Новые данные о строении и условиях формирования отложений разреза Куликово (Самбийский полуостров, Калининградская область) // Рельеф и чет-

- вертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-запада России. 2022. № 9. С. 348–351.
- Субетто Д.А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. 348 с.
- Andronikov A., Rudnickaite E., Lauretta D., Andronikova I., Kaminskas D., Sinkunas P., Melesyte M. Geochemical evidence of the presence of volcanic and meteoritic materials in Late Pleistocene lake sediments of Lithuania // Quat. Int. 2015. № 386. P. 18–29.
- Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // Bayesian Anal. 2011. Vol. 6. № 3. P. 457–474. <https://doi.org/10.1214/11-BA618>
- Druzhinina O., Rudinskaya A., Filippova K., Lazukova L., Lavrova N., Zharov A., Skhodnov I., Burko A., van den Berghe K. The Bølling–Allerød Transition in the Eastern Baltic: Environmental Responses to Climate Change // Biology. 2023. Vol. 12. № 6. Art. 821. <https://doi.org/10.3390/biology12060821>
- Druzhinina O., Napreenko M., Napreenko-Dorokhova T., Golyeva A., Bashirova L. Water Level Fluctuations in the Middle and Late Holocene in the Curonian Lagoon, Southeastern Baltic: Results of the Macrofossil and Phytolith Analyses // Hydrology. 2023. Vol. 10. № 1. Art. 11. <https://doi.org/10.3390/hydrology10010011>
- Firestone R.B., West A., Kennett J.P., Becker L., Bunch T.E., Revay Z.S., et al. Evidence for an extraterrestrial impact 12.900 years ago that contributed to the megafaunal extinctions and the Younger Dryas cooling // Proc Natl Acad Sci USA. 2007. Vol. 104. № 41. P. 16016–16021.
- Golyeva A. Various phytolith forms as bearers of different kinds of ecological information / M. Madella, D. Zurro (Eds.). Plants, People and Places: Recent Studies in Phytolith Analysis. UK: Oxbow Books, 2007. P. 107–203.
- Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø.S., Mangerud J., Svendsen J.I. The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DAT-ED-1. Boreas, 2015. <https://doi.org/10.1111/bor.12142>
- International Committee for Phytolith Taxonomy (ICPT). International code for phytolith nomenclature (ICPN) 2.0 // Annals of Botany. 2019. Vol. 124. № 2. P. 189–199.
- Kabailiné M. The Baltic Ice Lake and Yolda Sea stages, based on data from diatom analysis in the Central, South-Eastern and Eastern Baltic // Quat. Int. 1995. № 27. P. 69–72.
- Miono Sh., Detre Cs., Berczi S., Don G., Dosztály L., Solt P., Tóth I., Uzonyi I., Lukács B. Permo-Triassic Boundary cosmic spherule layers in Eurasia. Conference Proceedings: Lunar and Planetary Science Conference. Houston, 1998. Vol. 29. P. 89.
- Pino M., Abarzúa A., Astorga G., Martel-Cea A., Cosío-Montecinos N., Navarro R.X., et al. Sedimentary record from Patagonia, southern Chile supports cosmic-impact triggering of biomass burning, climate change, and megafaunal extinctions at 12.8 ka // Nature. 2019. № 9. P. 4413.
- Reimer P., Austin W.E.N., Bard E., et al. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration

- curve (0–55 cal kBP) // *Radiocarbon*. 2020. Vol. 62. № 4. P. 725–757.
<https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Rickard D.* Sedimentary pyrite framboid size-frequency distributions: A meta-analysis // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2019. Vol. 522. P. 62–75.
- Sivkov V., Dorokhov D., Ulyanova M.* Submerged Holocene Wave-Cut Cliffs in the South-eastern Part of the Baltic Sea: Reinterpretation Based on Recent Bathymetrical Data. In *The Baltic Sea Basin* / J. Harff (Ed.). Berlin/Heidelberg: Springer, 2011. P. 203–217.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-17220-5_10
- Teller J., Boyd M., Le Compte M., Kennett J., West A., Telkafer A., Diaz A., Adedeji V., Batchelor D., Mooney C., Garcia R.* A multi-proxy study of changing environmental conditions in a Younger Dryas sequence in southwestern Manitoba, Canada, and evidence for an extraterrestrial event // *Quat. Res.* 2019. P. 1–28.
<https://doi.org/10.1017/qua.2019.46>
- Uścińowicz S.* An Outline of the History of the Baltic Sea. In: *Geochemistry of Baltic Sea surface sediments*, 2nd ed. / S. Uścińowicz (Ed.). Warsaw, 2011. P. 70–73.
- West A., Bunch T., Lecompte M., Adedeji V., Moore C., Wolbach W.* Evidence from Pilauco, Chile Suggests a Catastrophic Cosmic Impact Occurred Near the Site 12.800 Years Ago / M. Pino, G.A. Astorga (Eds.). Pilauco: A Late Pleistocene Archaeo-paleontological Site, The Latin American Studies Book Series, Springer Nature Switzerland AG, 2020. P. 249–270.
- Wittke J.H., Weaver J.C., Bunch T.E., Kennett J.P., Kennett D.J., Moore A.M.T., et al.* Evidence for deposition of 10 million tonnes of cosmic impact spherules across four continents 12.800 years ago // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 2013. Vol. 110. № 23. P. E2088–E2097.
- Wolbach W., Ballard J., Mayewski P., Kurbatov A., Bunch T., Le Compte M., et al.* Extraordinary Biomass-Burning Episode and Impact Winter Triggered by the Younger Dryas Cosmic Impact 12.800 Years Ago: A Reply // *The J. of Geology*. 2020. Vol. 128. P. 1–20.
- Yost C., Jackson L.J., Stone J.R., Cohen A.S.* Subdecadal phytolith and charcoal records from Lake Malawi, East Africa imply minimal effects on human evolution from the ~74 ka Toba supereruption // *J. of Human Evolution*. 2018. Vol. 116. P. 75–94.

Microbiomorph Analysis in the Study of the Pioneer Environment of the Late Glacial: Preliminary Results of Kulikovo Section (Sambian Peninsula, Kaliningrad Oblast)

A. A. Golyeva^a and O. A. Druzhinina^{b, *}

^a*Institute of Geography, RAS, Moscow, Russia*

^b*Herzen State Pedagogical University, St. Petersburg, Russia*

*e-mail: olga.alex.druzhinina@gmail.com

The article is devoted to the preliminary results of the study of the Kulikovo section (Sambian Peninsula, Kaliningrad oblast, Russian Federation), where deposits of one of the Late Pleistocene palaeobasins are exposed. The uniqueness of the section is due to its good preservation: while most of the postglacial basins that existed along the Baltic coast were subsequently destroyed during the Holocene marine transgressions and regressions, the deposits of the Kulikovo section, represented by silt with peat interlayers, provide an opportunity for a detailed study of the palaeoenvironment of the southeastern Baltic during the Middle to Younger Dryas (~14200–12500 cal BP). For the first time in the Baltic region, this type of deposits has been studied by microbiomorph analysis. The aim of the analysis was to evaluate the informative potential of the method in relation to Late Glacial palaeobasin deposits and to obtain additional local data on Late Glacial vegetation and environment. The first phase of the study of the section showed the high informative value of the method. Data were obtained on the microbiomorph composition of the Late Glacial water sediments. It includes 4 main categories of microbiomorphs: phytoliths, diatom shells, sponge spicules and plant detritus. Fe-rich spherules were also detected in the sediments. The analysis provided information on the plant communities surrounding the paleobasin, represented by reed communities, meadow and forest vegetation, including coniferous trees. The latter is an important point in the discussion about the presence of trees in the ice-free areas. A repeated change in hydrological conditions in the adjacent area was also noted, expressed in a change in the flow rate of the basin. Further study of the Fe-rich nodules in the Kulikovo sediments is important with regard to “impact events” and their role in the dynamics of the Late Glacial environment.

Keywords: microbiomorphs, phytoliths, Fe-rich spherules, Late Glacial, postglacial basin

REFERENCES

- Andronikov A., Rudnickaite E., Lauretta D., Andronikova I., Kaminskas D., Sinkunas P., Melesyte M. Geochemical evidence of the presence of volcanic and meteoritic materials in Late Pleistocene Lake sediments of Lithuania. *Quat. Int.*, 2015, no. 386, pp. 18–29.
- Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Anal.*, 2011, vol. 6, no. 3, pp. 457–474. <https://doi.org/10.1214/11-BA618>
- Blazhchishin A.I. *Paleogeografiya i evolyutsiya pozdnechetvertichnogo osadkonakopleniya v Baltiiskom more* [Paleogeography and Evolution of Late Quaternary Sedimentation in the Baltic Sea]. Kaliningrad, 1998. 160 p.
- Druzhinina O.A. On the prospects for using the method of phytolith analysis in paleolimnology. *Estestv. Tekhn. Nauki*, 2020, no. 3, pp. 139–142. (In Russ.).
- Druzhinina O., Napreenko M., Napreenko-Dorokhova T., Golyeva A., Bashirova L. Water Level Fluctuations in the Middle and Late Holocene in the Curonian Lagoon, Southeastern Baltic: Results of the Macrofossil and Phytolith Analyses. *Hydrology*, 2023, vol. 10, no. 1, art. 11. <https://doi.org/10.3390/hydrology10010011>
- Druzhinina O., Rudinskaya A., Filippova K., Lazukova L., Lavrova N., Zharov A., Skhodnov I., Burko A., van den Berghe, K. The Bølling–Allerød Transition in the Eastern Baltic: Environmental Responses to Climate Change. *Biology*, 2023, vol. 12, no. 6, art. 821. <https://doi.org/10.3390/biology12060821>
- Druzhinina O.A., Shvarev S.V., Krotova-Putintseva A.E., Skhodnov I.N. *Paleogeografiya yugo-vostochnoi Baltiki. Putevoditel'. Polevoi seminar rabochei gruppy Peribaltik, 18–22 iyulya 2023* [Palaeogeography of the South-Eastern Baltic Region. Guide. Field Workshop of the Peribaltics Working Group, July 18–22, 2023]. Kaliningrad: Strazh Baltiki Publ., 2023. 78 p.
- Firestone R.B., West A., Kennett J.P., Becker L., Bunch T.E., Revay Z.S., et al. Evidence for an extraterrestrial impact 12,900 years ago that contributed to the megafaunal extinctions and the Younger Dryas cooling. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 2007, vol. 104, no. 41, pp. 16016–16021.
- Geograficheskii atlas Kaliningradskoi oblasti* [Geographical Atlas of the Kaliningrad Region]. Kaliningrad: KGU, TsNIT, 2002. 276 p.
- Golyeva A.A. *Fitolity i ikh informatsionnaya rol' v izuchenii prirodnikh i arheologicheskikh ob'ektov* [Phytoliths and Their Informational Role in the Study of Natural and Archaeological Objects]. Syktyvkar: Elista Publ., 2001. 200 p.
- Golyeva A. Various phytolith forms as bearers of different kinds of ecological information. In *Plants, People and Places: Recent Studies in Phytolithic Analysis*. Madella M., Zuro D., Eds. UK: Oxbow Books, 2007, pp. 107–203.
- Golyeva A.A. *Mikrobiomorfnye komplekсы prirodnikh i antropogennykh landshaftov: Genezis, geografiya, informatsionnaya rol'* [Microbiomorphic Complexes of Natural and Anthropogenic Landscapes: Genesis, Geography, Informational Role]. Moscow: LKI Publ., 2008. 240 p.
- Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø.S., Mangerud J., Svendsen J.I. The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1. *Boreas*, 2016, vol. 45, no. 1, pp. 1–45. <https://doi.org/10.1111/bor.12142>
- International Committee for Phytolith Taxonomy (ICPT). International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. *Ann. Bot.*, vol. 124, no. 2, pp. 189–199. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>
- Kabailin M. The Baltic Ice Lake and Yolda Sea stages, based on data from diatom analysis in the Central, South-Eastern and Eastern Baltic. *Quat. Int.*, 1995, no. 27, pp. 69–72.
- Miono Sh., Detre Cs., Berczi S., Don G., Dosztály L., Solt P., Tóth I., Uzonyi I., Lukács B. Permo-Triassic Boundary cosmic spherule layers in Eurasia. In *Conf. Proc.: LPSC. Vol. 29*. Houston, 1998, 89 p.
- Pino M., Abarzúa A., Astorga G., Martel-Cea A., Cosío-Montecinos N., Navarro R.X., et al. Sedimentary record from Patagonia, southern Chile supports cosmic-impact triggering of biomass burning, climate change, and megafaunal extinctions at 12.8 ka. *Sci. Rep.*, 2019, no. 9, art. 4413. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38089-y>
- Reimer P., Austin W.E.N., Bard E., et al. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 2020, vol. 62, no. 4, pp. 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Rickard D. Sedimentary pyrite framboid size-frequency distributions: A meta-analysis. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2019, vol. 522, pp. 62–75.
- Rudinskaya A.I., Filippova K.G., Lazukova L.I., Druzhinina O.A., Burko A.A., Skhodnov I.N. New data on the structure and conditions of formation of deposits of the Kulikovo section (Sambian Peninsula, Kaliningrad region). *Rel'ef Chetvert. Obrazov. Arktiki, Subarktika Sev.-Zap. Ross.*, 2022, no. 9, pp. 348–351. (In Russ.).
- Sivkov V., Dorokhov D., Ulyanova M. Submerged Holocene Wave-Cut Cliffs in the South-eastern Part of the Baltic Sea: Reinterpretation Based on Recent Bathymetrical Data. In *The Baltic Sea Basin*. Harff J., Ed. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011, pp. 203–217. https://doi.org/10.1007/978-3-642-17220-5_10
- Subetto D.A. *Donnye otlozheniya ozer: paleolimnologicheskie rekonstruktsii* [Lake Sediments: Palaeolimnological Reconstructions]. St.-Petersburg: RGPU im. A.I. Gertsena, 2009. 348 p.
- Teller J., Boyd M., Le Compte M., Kennett J., West A., Telkaf A., et al. A multi-proxy study of changing environmental conditions in a Younger Dryas sequence in southwestern Manitoba, Canada, and evidence for an extraterrestrial event. *Quat. Res.*, 2019, pp. 1–28. <https://doi.org/10.1017/qua.2019.46>
- Uścińowicz S. An Outline of the History of the Baltic Sea. In *Geochemistry of Baltic Sea surface sediments*. Uścińowicz S., Ed. Warsaw, 2011, pp. 70–73.

- West A., Bunch T., Lecompte M., Adedeji V., Moore C., Wolbach W. Evidence from Pilauco, Chile Suggests a Catastrophic Cosmic Impact Occurred Near the Site ~12,800 Years Ago. In *Pilauco: A Late Pleistocene Archaeo-paleontological Site*. Pino M., Astorga G.A., Eds. Switzerland: Springer Nature, 2020, pp. 249–270.
- Wittke J.H., Weaver J.C., Bunch T.E., Kennett J.P., Kennett D.J., Moore A.M.T., et al. Evidence for deposition of 10 million tonnes of cosmic impact spherules across four continents 12,800 years ago. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 2013, vol. 110, no. 23, pp. E2088–E2097.
- Wolbach W., Ballard J., Mayewski P., Kurbatov A., Bunch T., Le Compte M., et al. Extraordinary Biomass-Burning Episode and Impact Winter Triggered by the Younger Dryas Cosmic Impact ~12,800 Years Ago: A Reply. *J. Geol.*, 2020, vol. 128, pp. 1–20.
- Yost C., Jackson L.J., Stone J.R., Cohen A.S. Subdecadal phytolith and charcoal records from Lake Malawi, East Africa imply minimal effects on human evolution from the ~74 ka Toba supereruption. *J. Hum. Evol.*, 2018, vol. 116, pp. 75–94.

ЛАНДШАФТНАЯ КОНЦЕПЦИЯ И ГЕОГРАФИЯ РЕЛИГИЙ (НА МАТЕРИАЛАХ АНГЛОЯЗЫЧНОЙ ГЕОГРАФИИ)

© 2024 Р. О. Поплавский^{1, *}, Ф. С. Корандей^{2, **}, М. С. Черепанов^{1, ***}

¹Институт проблем освоения Севера ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия

²Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

*e-mail: roman.poplavskiy@gmail.com

**e-mail: f.s.korandey@utmn.ru

***e-mail: maximcherepanov@yandex.ru

Поступила в редакцию 06.04.2023 г.

После доработки 29.10.2023 г.

Принята к публикации 26.12.2023 г.

В статье характеризуются актуальные подходы, применяемые при исследовании религиозных явлений в контексте ландшафтной концепции. Авторы выявляют сходства и различия трактовок наиболее распространенных в зарубежных исследованиях терминов описания религии. Показано, что их смысловое различие задается, главным образом, использованием в качестве инструментария либо культурной географии, сфокусированной на материальности и географическом распределении объектов культурного ландшафта, либо социальной антропологии, в оптике которой оказываются специфика дискурсов и практик населяющих его религиозных групп, понимание социальных процессов, формирующих современный мировой ландшафт. Термин “религиозный ландшафт” (*religious landscape*), в зависимости от дисциплинарной операционализации, используется в трех основных значениях. Во-первых, под ним понимается совокупность материальных объектов, связанных с религией. Во-вторых, совокупность мест, где проводятся ритуалы. В-третьих, территория проживания приверженцев тех или иных религиозных традиций. Под термином *religioscape* чаще всего понимается конфликтная или комплементарная ситуация взаимодействия приверженцев разных религий, разделяющих одно и то же пространство. Понятие “сакральный ландшафт” (*sacred landscape*) иногда выступает в качестве синонимичного термину *religious landscape*, и тогда под ним понимается совокупность религиозных материальных объектов, иногда означает совокупность мест или объектов поклонения природного характера (гора, холм, болото и т.д.), общую основу разнообразных частных “религиозных ландшафтов”, вырастающих на этой почве. Под термином *sacroscape* понимается историческая совокупность материальных проявлений религиозности, влияющая как на современных людей, так и на современную земную поверхность. Термин “духовный ландшафт” (*spiritual landscape*), во-первых, используется в качестве синонима *religious landscape* и *sacred landscape*. Во-вторых, под ним понимается более широкий, обобщающий термин, описывающий все аспекты взаимодействия человека (идеи, объекты, практики) со сверхчувственным миром. В-третьих, используя этот термин, имеют в виду пространства, включающие в себя не только ритуальные, но и повседневные практики.

Ключевые слова: ландшафтная концепция, культурный ландшафт, религиозный ландшафт, сакральный ландшафт, духовный ландшафт

DOI: 10.31857/S2587556624010086, **EDN:** GKZPUZ

ВВЕДЕНИЕ

“Пространственный поворот” в социальных науках второй половины XX в. отразился и на исследовании религий. П. Деффонтен в статье 1953 г. называл религию одним из факторов формирования и изменения ландшафта, которому она зачастую придавала его уникальные черты (Deffontaines, 1953, p. 27–28). Позже мнения о том, что религия может изучаться с точки зрения географии, высказывали и другие авторы [см., на-

пример, (Büttner, 1980, p. 102; Fickeler, 1962, p. 94)]. В 1980-е годы о географии религии писали, как об отдельном исследовательском поле, в котором изучается процесс взаимного воздействия религий и ландшафта (Levine, 1986, p. 428).

В начале 1990-х годов К. Парк уделит особое внимание корпусу работ, посвященных взаимодействию религии и ландшафта (Park, 1994), описывая основные тенденции развития географии религии за последние 30 лет ее существования. Он отмечал, что исследователи, главным

образом, обращали внимание на то, как религиозные убеждения влияют на архитектуру, облик местности, формы и функции поселений, топонимику и выбор культового места (Park, 1994, p. 199–209, 215–217, 241–243), и на то, как основные ландшафтные факторы влияли на специфику локальных ритуалов (Park, 1994, p. 95–96, 199).

С середины 1990-х годов тема взаимосвязи религий и ландшафтов становится еще более востребованной. Так, один из выпусков журнала *Anthropological Forum* (2009, Vol. 19, № 3) был посвящен духовным ландшафтам Азии; в рамках серии *Bloomsbury Studies in Material Religion* публиковались монографии о “феноменах материальности, при помощи которых люди практикуют религию, и том, как эти феномены — географические объекты, здания, ландшафты — связаны с людьми, их телами, одеждой, едой, действиями, мыслями и эмоциями” [см. описание серии в книге (Gunzburg and Brady, 2021; здесь и далее перевод цитат наш — Р.П., Ф.К., М.Ч.)]. Эта тема активно обсуждалась на таких конференциях, как “Ландшафты и пространства обновления: уединение, отдых, паломничество” (Сиэтл, 2011); “Сакральные ландшафты: создание, трансформация, манипуляция” (Лампетер, 2014). Расширялись тематика и терминология исследований, предлагались новые подходы анализа религиозных ландшафтов (Kong, 2001, 2010).

Данная статья представляет собой очерк современного состояния ландшафтных подходов в географии религий, содержания исследовательских терминов и характерных для них акцентов.

В первую очередь, мы обратились к обзорным работам, подготовленным такими экспертами в этой области, как К. Парк (Ланкастер, Великобритания) (Park, 1994), Л. Конг (Сингапур) (Kong, 2001, 2010), Дж. Хальгрен Кильде (США) (Kilde, 2022). Дальнейший поиск выявил работы с набором характерных терминов: *religious landscape*, *religioscape*, *sacred landscape*, *sacroscapes* и *spiritual landscape*. Наша статья проясняет эти широко используемые в современной географии религий термины.

В силу ограниченного объема мы преимущественно сосредоточились на англоязычном международном мейнстриме географии религий. При этом, несмотря на то, что в современной российской науке наблюдается недостаток работ по географии религий (Горохов, 2014, с. 21–22; Streletsky and Gorokhov, 2022, p. 72), было бы несправедливо не упомянуть отечественных исследователей, предложивших оригинальный вклад, важный для всей области. Здесь должна быть упомянута обращающаяся к исследованию ритуально-процессуального аспекта сакральных пространств концепция иеротопии А. Лидова (Иеротопия ..., 2009), отмечены тео-

ретические разработки С. Горохова (2019), эмпирические работы Д. Сидорова (Sidorov, 2014) и Е. Островской и Е. Алексеевой (2018), конференции, посвященные исследованию религиозных ландшафтов, например, “Протестантизм в Оренбургском крае: история и современность” (Оренбург, 2013). Вклад российских исследователей заслуживает отдельной публикации и остается за пределами этой работы.

Существующее в исследованиях религии разнообразие точек зрения по поводу термина “ландшафт” с известной долей обобщения может быть сведено к нескольким стандартным для области терминам.

РЕЛИГИОЗНЫЙ ЛАНДШАФТ

Religious landscape

В англоязычном дискурсе наиболее употребительным является термин *religious landscape*, т.е. *религиозный ландшафт*. Обычно при его использовании на передний план выходят совокупность физических объектов; либо совокупность мест, где проводятся ритуалы; либо территория проживания приверженцев одной или нескольких религиозных традиций.

В современном употреблении понятие *religious landscape* восходит к инструментарию культурной географии, и, как правило, отсылает к концепции культурного ландшафта с характерной для нее диалектикой материального и культурного. Так, классик американской культурной географии У. Зелински, эссе которого построено на визуальном анализе повседневных ландшафтных объектов, связанных с религией, с самого начала полагает эти совокупности объектов “чрезвычайно богатым хранилищем культурных данных” (Zelinsky, 2001, p. 565). Представители такого подхода анализируют материальное: мечети и медресе (Moazzen, 2018; Koch, 2018, p. 184), богослужебные здания квакеров и особенности доступа к ним (Chenoweth, 2019), религиозные памятники (Такахаси, 2008), кладбища (Setiadi, 2014), “учреждения, относящиеся к церкви” (*church-related enterprises*): похоронные бюро, религиозные магазины, школы, дома престарелых, детские сады, больницы, религиозные плакаты и придорожные щиты (Zelinsky, 2001, p. 565, 567–568), а также места альтернативной религиозности (дома гадалок, духовного развития и т.п.) (Havlíček and Klingorová, 2017, p. 10) — как ключ к географическому разнообразию социально-культурного, прежде всего к опыту местных религиозных общин и традиций (Scheitle and Finke, 2012, p. ix).

Акцент на материальности, свойственный этому подходу, поднимает вопросы методологического характера. Какие культовые места должны, а какие не должны приниматься в расчет?

Почему включение одних объектов существенно для анализа, а других — нет? Видимых проявлений религиозного ландшафта может быть множество: придорожные кресты, священные захоронения, символы от сглаза на автомобилях и зданиях, деревья у священных мест с повязанными на ветках лентами и т.д. Как быть с анализом невидимых глазом, но фактически не менее “материальных”, чем вышеперечисленные, характеристик религиозного ландшафта, таких как величина прихода, его демографические характеристики, расположение культового объекта в городском пространстве [см. например (Островская, Алексеева, 2018; Поплавский, 2022)]. Сюда же относятся проблемы статуса и функционирования объектов. Являются или нет объектом религиозного ландшафта кладбища? Чем отличаются в ландшафтном смысле функционирующая и заброшенная церкви? Очень часто акцент на “визуальном религиозном ландшафте” (Zelinsky, 2001, p. 565) не позволяет уловить эту разницу.

Вместе с тем далеко не все исследователи, использующие термин “религиозный ландшафт”, склонны помещать его в “стабильный” монокультурный контекст. Прежде всего, это касается тех, кто понимает религиозный ландшафт как совокупность процессуальных ритуальных мест и пространств. Например, К. Ваннер описывает город как совокупность традиционно профанных и ритуальных мест и превращение первых во вторые за счет выхода религиозных практик на улицы (Ваннер, 2015, с. 230). Монография о религиях Шанхая определяет религиозный ландшафт как «сеть священных мест, которые “активируются” ритуалами» (Vermander et al., 2018, p. 14), обращая внимание также на третий элемент религиозного ландшафта города — межобщинные, общинно-административные и индивидуальные сети взаимодействия верующих между собой. В результате изменения этих элементов меняется и ландшафт: выбираются новые места для проведения ритуалов, формируются сети, складываются новые ритуалы (Vermander et al., 2018, p. 14–15).

Авторы, работающие в рамках секулярной и постсекулярной парадигм, как правило, понимают под религиозным ландшафтом территорию проживания приверженцев одной или нескольких религиозных традиций. Для них характерен интерес к росту религиозного разнообразия и трансформациям религиозности в ситуации свойственных глобальному миру мобильности и детерриториальности (Obadia, 2015, p. 215). В этих исследованиях религиозный ландшафт отдельного региона, страны или мира

описывается с точки зрения сосуществования приверженцев разных религиозных традиций и тех, кто не относит себя к какой-либо из них; темпов и механизмов их прироста; меняющихся демографических показателей; трансформации религиозных практик; увеличения религиозного разнообразия (America’s Changing Religious Landscape¹; Furseth, 2018; Hacket and Stonawski, 2017; Inniger, 2020; Knippenberg, 2005; Peres Prieto et al., 2018).

“Процессуальное” и “глобализационное” прочтения термина “религиозный ландшафт” актуализируют его динамическую социопространственную природу: места понимаются как священные в зависимости от того, проводятся или нет в них ритуалы. С точки зрения свойственных для них социологических и антропологических подходов эти исследования можно отнести к традиции проживания ландшафта. В рамках этого направления становится возможным анализ религиозного опыта на уровне малых групп и индивида (Горохов, 2019, с. 439).

Religoscape

Генеалогия этого термина восходит к постмодернистской социальной антропологии, и исследовательский интерес использующих его авторов направлен не столько на материальность и географическое распределение объектов культурного ландшафта, сколько на “субъективную” специфику дискурсов и практик населяющих его религиозных групп, на понимание социальных процессов, формирующих современный мировой ландшафт. Впервые термин *religoscape* был предложен Р. Дуайер (Dwyer, 2004) с отсылкой к термину *ethnoscape* А. Аппадурай (Appadurai, 1997), который обычно переводят на русский язык как этнопейзаж или этноландшафт. Таким образом, *religoscape* обращает внимание читателя, прежде всего, на процессы глобализации в сфере религии. Практически в то же время, в 2005 г., термин *religoscape* употребила Э. МакАлистер, писавшая о “субъективных религиозных картах <...> мигрантов, диаспор и транснациональных сообществ” (McAlister, 2005, p. 251). В ее исследовании *religoscape* предстает в постмодернистском измерении религиозного процесса, глобализованным мультирелигиозным пространством, по-разному воспринимаемым, интерпретируемым и картируемым разными сообществами, пространством неизбежных состязательности и конфликта.

В похожем смысле, с точки зрения описания отношений конкуренции в поле “глобального

¹ America’s Changing Religious Landscape, 2015. <https://www.pewresearch.org/religion/2015/05/12/americas-changing-religious-landscape/> (accessed 18.08.2022).

рынка религиозности” термин *religioscape* употреблял и Б. Тернер (Turner, 2008, p. 213). Он отмечал, что термин “может быть использован для описания глобального потока религиозных идей и практик, который порождает глобальную религию, глобальные обмены и локальное сопротивление”. Религии в таком глобальном религиозном ландшафте становятся феноменом мобильного нового среднего класса и адаптируются к его потребностям (Turner, 2008, p. 219).

Р.М. Хейден и Т.Д. Уокер в статье 2013 г. развивают термин *religioscape* со ссылкой на Э. МакАлистер и Б. Тернера. В их работе термин употреблен с акцентом на материальности ландшафта, характерным для американской культурной географии. Хейден и Уокер выделяют два элемента *religioscape*: материальные объекты, воплощающие собой определенные религиозные традиции, и создающее эти объекты население. При этом речь идет о пространстве, которое делят между собой несколько религиозных традиций (Hayden and Walker, 2013, p. 399–400). Непрактикуемые ныне религиозные традиции не являются частью современного религиозного ландшафта (Hayden and Walker, 2013, p. 407).

Дальнейшее развитие термин получает в работах Дж.Х. Кильде (Kilde, 2022). Она применяет термин *religioscape* для описания взаимодействия и интеграции религиозных общин в плюралистическом обществе (Kilde, 2022, p. 101).

САКРАЛЬНЫЙ ЛАНДШАФТ

Sacred landscape

Переходя к термину “сакральный ландшафт”, мы, в первую очередь, задаемся вопросом о различиях между ним и термином “религиозный ландшафт”. И действительно, некоторые исследователи не проводят между ними различий [см., например, (Jiménez-Higueras, 2020; Pluskowski et al., 2018, p. 4–6)], что, вероятно, свидетельствует о том, что этот термин тоже восходит к “объективистской” (ландшафт как местность) и “экспертно-аналитической” (“чтение ландшафта”) оптикам, свойственным для классической культурной географии.

Однако существуют и иные трактовки термина. В книге Дж. Робсона о религиозных ландшафтах Китая заметно различие между “религиозным ландшафтом” и “сакральным ландшафтом”. Под “сакральным ландшафтом”, или “географией” автор понимает элементы природного ландшафта, вокруг которых с течением времени складывались традиции поклонения, термин “религиозный ландшафт” описывает отдельные религиозные традиции, в комплементарном или конфликтном духе разделявшие между собой или оспаривавшие элементы ландшафта сакрального (Robson, 2009,

p. 4, 42, 47, 77). В работах Н. Пенника (Pennick, 1996, p. 6–10) и Я. Му (Mu et al., 2019, p. 1) мы встречаем представление о сакральном ландшафте как совокупности природных объектов, связанных с божествами, легендами, духами и предками. Отметим важность исторического подхода для подобных исследований.

Sacroscape

Как и Р. Дуайер (см. выше), Т. Туид предложил в 2008 г. термин *sacroscape*, имея в виду концепцию *ethnoscape* А. Аппадурай (Appadurai, 1997). Термин Туида одновременно историчен и географичен (Tweed, 2008, p. 64). Оба термина (*religioscape*, по Дуайер, и *sacroscape*, по Туиду) предполагают, что религии находятся в постоянном движении. Однако туидовский *sacroscape* фокусируется не на современном взаимодействии религиозных традиций, а на историческом аспекте этого взаимодействия, в ходе которого религии “оставили на земле следы, преобразившие людей и места, социальные комплексы и участки земной поверхности” (Tweed, 2008, p. 61–62). Таким образом, исследования феномена *sacroscape* имеют тенденцию к тому, чтобы рассматривать ландшафт в его “антикварном”, а не актуальном состоянии [см., например, (Anttonen, 2013, p. 15–16; Hadži Muhamedović, 2018, p. 59–60)]. Если согласиться с мнением о том, что пути развития религии “определяет вовсе не ее прошлое — религиозно-культурное наследие, пусть и сакрализованное, а потребности современных адептов” (Горохов, 2014, с. 28), то термин *religioscape* в интерпретации Р. Дуайер в большей мере пригоден для анализа ландшафтов современности.

ДУХОВНЫЙ ЛАНДШАФТ

Чаще всего под “духовным ландшафтом” имеется в виду широкое понятие, включающее в себя все, относящееся ко взаимодействию со сверхчувственным миром: религиозные и паранормальные феномены, синкретизм, альтернативные медицинские и духовные практики (Catherine, 2019, p. 1, 6). К. Аллертон использовала термин “духовный ландшафт” для демонстрации связи “между духовными сущностями/могущественными силами и конкретными местами в ландшафте, включая деревья, горы и реки” (Allerton, 2009, p. 235). Такая трактовка, казалось бы, совпадает с упомянутым выше распространенным значением термина “сакральный ландшафт”, но К. Аллертон внесла в него некоторые уточнения. С ее точки зрения, сакральный ландшафт оторван от повседневной жизни. Это место поклонения и ритуала. Духовный ландшафт, в свою очередь, — это народный ландшафт, наполненный не только

ритуальными, но и повседневными действиями людей, живущих там. Кроме того, духовный ландшафт не обязательно религиозен (Allerton, 2009, p. 238), и за ним сохраняется духовная функция, даже если люди покидают привычное место жительства (Allerton, 2009, p. 237).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

“Религиозный ландшафт”, “сакральный ландшафт” и “духовный ландшафт” — не единственные термины, употребляющиеся для описания взаимосвязи ландшафта и религии. Некоторые исследователи используют более узкие термины, фокусируясь на конкретной религиозной традиции. Так, выделяются православный (Sidorov, 2014), исламский (Бобров, Черепанов, 2019), католический (Bovensiepen, 2009, p. 328–329) и другие ландшафты. Ряд исследователей предлагает такие термины, как “ритуальный ландшафт” (Broda et al., 2001), “церковный ландшафт” (*churchscape*) (Miles–Watson, 2021) и “соборный ландшафт” (*cathedralscape*) (Miles–Watson, 2021). Кроме того, в целях детального описания сенсорной и телесно-воплощенной составляющих религиозного ландшафта выделяются звуковые (*soundscapes*), визуальные (*visionscapes*), тактильные (*touchscapes*), ароматические (*smellscapes*) и вкусовые (*tastescapes*) ландшафты (Gunzburg and Brady, 2021).

Тем не менее, наиболее распространенными в зарубежных исследованиях терминами являются “религиозный ландшафт”, “сакральный ландшафт” и “духовный ландшафт”. Каждый из них, в свою очередь, может иметь более одного значения, либо использоваться по отношению друг к другу в качестве синонима. Как представляется, смысловое различие данных терминов задается, главным образом, их использованием в качестве инструментария либо культурной географии, сфокусированной на материальности и географическом распределении объектов культурного ландшафта, либо социальной антропологии, в оптике которой оказываются специфика дискурсов и практик населяющих его религиозных групп, понимание социальных процессов, формирующих современный мировой ландшафт.

Наиболее распространенный термин может быть переведен на русский язык как “религиозный ландшафт” (*religious landscape*; *religioscape*). Термин *religious landscape* обычно используется в трех основных значениях. Во-первых, под ним понимается совокупность материальных объектов, связанных с религией. В этом случае исследователи, как правило, обращаются к анализу местоположений объектов, их внешнего вида и т.д. Во-вторых, под *religious landscape* понимается совокупность мест, где проводятся ритуалы. В этом случае исследователи концентрируют внимание не столько на описании физических

объектов, сколько на анализе процессуальности — действий и взаимодействий людей в местах проведения ритуалов. В-третьих, под термином понимается территория проживания приверженцев тех или иных религиозных традиций. Проводя анализ их численности, социально-демографических характеристик и географического распределения, исследователи стараются ответить на вопрос, как меняется религиозность в конкретных населенных пунктах, регионах, на мировом уровне. Под термином *religioscape* чаще всего понимается конфликтная или комплементарная ситуация взаимодействия приверженцев разных религий, разделяющих одно и то же пространство. В этом случае исследование, как правило, посвящено описанию картин мира сосуществующих и взаимодействующих сообществ, материальных и социальных последствий культурного разнообразия.

Существующий в русском языке термин “сакральный ландшафт” используется в англоязычной литературе в двух формах — *sacred landscape* и *sacroscapes*. Первый термин иногда выступает в качестве синонимичного термину “религиозный ландшафт”, и тогда под ним понимается совокупность религиозных материальных объектов, иногда означает совокупность мест или объектов поклонения природного характера (гора, холм, болото и т.д.), общую основу разнообразных частных “религиозных” ландшафтов, вырастающих на этой почве. Под термином *sacroscapes* понимается историческая совокупность материальных проявлений религиозности, влияющая как на современных людей, так и на современную земную поверхность.

Термин “духовный ландшафт” (*spiritual landscape*) имеет несколько основных значений. Во-первых, он используется в качестве синонима религиозного ландшафта (*religious landscape*) и сакрального ландшафта (*sacred landscape*). Во-вторых, под духовным ландшафтом понимается более широкий, обобщающий термин, описывающий все аспекты взаимодействия человека (идеи, объекты, практики) со сверхчувственным миром. В-третьих, используя термин “духовный ландшафт” имеют в виду пространства, включающие в себя не только ритуальные, но и повседневные практики.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Тюменской области в рамках научного проекта № 20-45-720004.

FUNDING

The research was funded by RFBR and Tyumen oblast, project no. 20-45-720004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бобров И.В., Черепанов М.С. Исламский ландшафт Тюменской области: места, численность и социально-демографический состав городских молитвенных собраний // Исламоведение. 2019. № 4. С. 46–58. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2018-43-4-193-203>
- Ваннер К. Новые религиозные движения и “альтернативная мораль” в Украине // Изобретение религии: десекуляризация в постсоветском контексте. СПб.: Издательство Европейского ун-та в Санкт-Петербурге, 2015. С. 214–232.
- Горохов С.А. Конфессиональное геопространство как объект изучения географии религий // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 2. С. 21–30.
- Горохов С.А. География религии в России и за рубежом: история развития и новые вызовы // Вопросы истории естествознания и техники. 2019. № 3. С. 439–467. <https://doi.org/10.31857/s020596060005925-9>
- Иеротопия. Сравнительные исследования сакральных пространств / под ред. А.М. Лидова. М.: Индрик, 2009. 372 с.
- Островская Е.А., Алексеева Е.В. Структурированное наблюдение как метод изучения религиозного ландшафта // Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены. 2018. № 2. С. 71–115. <https://doi.org/10.14515/monitoring.2018.2.04>
- Поплавский Р.О., Черепанов М.С., Бобров И.В., Шишелякина А.Л. Протестантский ландшафт Тюменской области: места, численность и демографический состав городских молитвенных собраний // Вестн. археологии, антропологии и этнографии. 2022. № 2. С. 191–201. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2022-57-2-15>
- Такахаси С. Образ религиозного ландшафта в СССР в 1965–1985 годы (на примере Соловецкого музея-заповедника) // Вестн. Евразии. 2008. № 4. С. 9–26.
- Allerton C. Introduction: Spiritual Landscapes of South-east Asia // Anthropological Forum: A J. of Social Anthropology and Comparative Sociology. 2009. Vol. 19. № 3. P. 235–251. <http://dx.doi.org/10.1080/00664670903278387>
- Anttonen V. Landscapes as Sacrosapes: Why Does Topography Make a Difference. In: Sacred Sites and Holy Places. Exploring the Sacralization of Landscape Through Time and Space / S.W. Nordeide (Ed.). Turnhout: Brepols, 2013. P. 13–32.
- Appadurai A. Modernity at Large: Cultural Dimensions of Globalisation. Delhi: Oxford Univ. Press, 1997. 229 p.
- Bovensiepen J. Spiritual Landscapes of Life and Death in the Central Highlands of East Timor // Anthropological Forum. 2009. Vol. 19. № 3. P. 323–338. <https://doi.org/10.1080/00664670903278437>
- Büttner M. On the History and Philosophy of the Geography of Religion in Germany // Religion. 1980. Vol. 10. № 1. P. 86–119. [https://doi.org/10.1016/0048-721X\(80\)2990029-9](https://doi.org/10.1016/0048-721X(80)2990029-9)
- Chenoweth J.M. Reconstructing a Changing Religious Landscape: The Material Traces of Barbados Quakers, 1655–1800 // Int. J. of Historical Archaeology. 2019. Vol. 23. № 2. P. 462–495. <https://doi.org/10.1007/s10761-018-0475-0>
- Deffontaines P. The Religious Factor in Human Geography: Its Force and Its Limits // Diogenes. 1953. № 1 (2). P. 24–37. <https://doi.org/10.1177/039219215300100203>
- Dunn K., Piracha A. The Multifaith City in an Era of Post-secularism: The Complicated Geographies of Christians, Non-Christians and Non-faithful Across Sydney, Australia In: The Changing World Religion Map: Sacred Places, Identities, Practices and Politics / S.D. Brunn (Ed.). NY: Springer, 2015. P. 1635–1654.
- Dwyer R. The Swaminarayan Movement. In: South Asians in the Diaspora: Histories and Religious Traditions / K.A. Jacobsen, P.P. Kumar (Eds.). Leiden; Boston: Brill, 2004. P. 180–199.
- Fickeler P. Fundamental Questions in the Geography of Religions. In: Readings in Cultural Geography / M. Mikesell, P. Wagner (Eds.). Chicago: Chicago Univ. Press, 1962. P. 94–117.
- Furseth I., Ahlin L., Ketola K., Leis-Peters A. Changing Religious Landscapes in the Nordic Countries. In: Religious Complexity in the Public Sphere / I. Furseth (Ed.). London: Palgrave Macmillan Cham, 2018. P. 31–80.
- Gunzburg D., Brady B. Space, Place, and Religious Landscapes: Living Mountains. London: Bloomsbury Publ. Plc., 2021. 288 p.
- Hacket C., Stonawski M. The Changing Global Religious Landscape. Washington: Pew Research Center, 2017. 45 p.
- Hadži Muhamedović S. Waiting for Elijah. Time and Encounter in a Bosnian Landscape. NY and Oxford: Berhahn Books, 2018. 304 p.
- Hayden R., Walker T.D. Intersecting Religioscapes: A Comparative Approach to Trajectories of Change, Scale, and Competitive Sharing of Religious Spaces // J. of the American Academy of Religion. 2013. № 81. P. 399–426. <https://doi.org/10.1093/jaarel/lft009>
- Havlíček T., Klingorová K. City With or Without God? Features of Post-Secularism in Religious Landscape of Post-Communist Prague // Social & Cultural Geography. 2017. № 19 (6). P. 789–811. <https://doi.org/10.1080/14649365.2017.1312696>
- Inniger M.G., Vorster J.M., Rheeder R. Changing Religious Landscapes Challenge Confession-Based State Policies on Religion. In: die Skriflig / In Luce Verbi. 2020. Vol. 54. № 1. P. 1–10. <http://dx.doi.org/10.4102/ids.v54i1.2527>
- Jiménez-Higueras Á. The Sacred Landscape of Dra Abu el-Naga During the New Kingdom: People Making Landscape Making People. Leiden: Brill, 2020. 304 p.
- Kilde J.H. Thinking about Religious Space: An Introduction to Approaches. In: The Oxford Handbook of Religious Space / J.H. Kilde (Ed.). Oxford: Oxford Univ. Press, 2022. P. 1–22.
- Koch N., Valiyev A., Zaini K.H. Mosques as Monuments: An Inter-Asian Perspective on Monumentality and

- Religious Landscapes // *Cultural Geographies*. 2018. Vol. 25. № 1. P. 183–199.
<https://doi.org/10.1177/1474474017724480>
- Kong L. Mapping “New” Geographies of Religion: Politics and Poetics in Modernity // *Progress in Human Geography*. 2001. Vol. 25. № 2. P. 211–233.
<https://doi.org/10.1191/030913201678580485>
- Kong L. Global shifts, theoretical shifts: changing geographies of religion // *Progress in Human Geography*. 2010. Vol. 34. № 6. P. 755–776.
<https://doi.org/10.1177/030913251036260>
- La montaña en el paisaje ritual / J. Broda, S. Iwaniszewski, A. Montero (Eds.). México: Conaculta Inah, 2001. 488 p.
- Levine G. On the Geography of Religion // *Transactions of the Institute of British Geographers*. 1986. Vol. 11. № 4. P. 428–440.
<https://doi.org/10.2307/621934>
- Maddrell A., della Dora V., Scafi A., Walton H. Christian Pilgrimage, Landscape and Heritage: Journeying to the Sacred. NY: Routledge, 2015. 220 p.
- McAlister E. Globalization and the Religious Production of Space // *J. for the Scientific Study of Religion*. 2005. Vol. 44. № 3. P. 249–255.
<https://doi.org/10.1111/j.1468-5906.2005.00283.x>
- Miles-Watson J. Christianity and Belonging in Shimla, North India. Sacred Entanglements of a Himalayan Landscape. New Delhi: Bloomsbury Academic, 2021. 224 p.
- Moazzen M. Formation of a Religious Landscape. Shi'i Higher Learning in Safavid Iran. Leiden: Brill, 2018. 304 p.
- Mu Y., Nepal S.K., Lai P.H. Tourism and Sacred Landscape in Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Nepal // *Tourism Geographies*. 2019. Vol. 21. № 3. P. 442–459.
<https://doi.org/10.1080/14616688.2018.1558454>
- Obadia L. Spatial Turn, Beyond Geography: a New Agenda for Sciences of Religion? // *Int. Review of Sociology: Revue Internationale de Sociologie*. 2015. № 2. P. 200–217.
<http://dx.doi.org/10.1080/03906701.2015.1039269>
- Park C. Sacred Worlds. An Introduction to Geography and Religion. London: Routledge, 1994. 346 p.
- Pennick N. Celtic Sacred Landscapes. London: Thames and Hudson, 1996. 224 p.
- Peres Prieto M.F., de Oliveira A.B., Leão F.C., Vallada H., Moreira-Almeida A., Lucchetti G. Religious Landscape in Brazil: Comparing Different Representative Nationwide Approaches to Obtain Sensitive Information in Healthcare Research // *SSM – Population Health*. 2018. № 6. P. 85–90.
<https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2018.08.007>
- Pluskowski A., Valk H., Szczepański S. Theocratic Rule, Native Agency and Transformation: Post-Crusade Sacred Landscapes in the Eastern Baltic // *Landscapes*. 2018. Vol. 19. № 1. P. 4–24.
<https://doi.org/10.1080/14662035.2018.1561009>
- Robson J. Power of Place: The Religious Landscape of the Southern Sacred Peak (Nanyue) in Medieval China. Cambridge and London: Harvard Univ. Asian Center, 2009. 450 p.
- Scheitle C.P., Finke R. Places of Faith. A Road Trip Across America's Religious Landscape. Oxford: Oxford Univ. Press, 2012. 264 p.
- Setiadi H. Islam and Urbanism in Indonesia: The Mosque as Urban Identity in Javanese Cities. In: The changing world religion map: Sacred places, identities, practices and politics / S.D. Brunn (Ed.). NY: Springer, 2015. P. 2415–2438.
- Sidorov D. Changing Russian Orthodox Landscapes in Post-Soviet Moscow. In: The changing world religion map: Sacred places, identities, practices and politics / S.D. Brunn (Ed.). NY: Springer, 2015. P. 2453–2472.
- Streletsky V., Gorokhov S. Cultural Geography in Russia in the Early 21st Century: Current State and Key Research Areas // *Reg. Res. of Rus.* 2022. Vol. 12. № 1. P. 67–79.
<https://doi.org/10.1134/S2079970522020083>
- The Changing Religious Landscape of Europe / H. Knippenberg (Ed.). Amsterdam: Het Spinhuis, 2005. 300 p.
- Turner B.S. Religion and Politics: Nationalism, Globalisation and Empire // *Asian J. of Social Science*. 2008. Vol. 34. № 2. P. 209–224.
<https://doi.org/10.1163/156853106777371175>
- Tweed T.A. Crossing and Dwelling: A Theory of Religion. Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press, 2008. 278 p.
- Vermander B., Hingley L., Zhang L. Shanghai Sacred: the Religious Landscape of a Global City. Seattle: Univ. of Washington Press, 2018. 328 p.
- Zelinsky W. The Uniqueness of the American Religious Landscape // *Geographical Review*. 2001. Vol. 91. № 3. P. 565–585.
<https://doi.org/10.1111/j.1931-0846.2001.tb00241.x>

Landscape Framework and Geography of Religion: A Terminological Aspect (a Case Study of Geographical Publications in English)

R. O. Poplavsky^{a, *}, F. S. Korandei^{b, **}, and M. S. Cherepanov^{a, ***}

^a*Institute of the Problems of Northern Development, Tyumen Scientific Center, SB RAS, Tyumen, Russia*

^b*Tyumen State University, Tyumen, Russia*

*e-mail: roman.poplavskiy@gmail.com

**e-mail: f.s.korandej@utmn.ru

***e-mail: maximcherepanov@yandex.ru

This article attempts to illustrate current approaches to the study of religious phenomena using the landscape framework. The authors identify similarities and differences in the interpretations of the most common terms used in foreign research to describe religion. The article shows that their semantic difference is mainly determined by their use as tools of either cultural geography or social anthropology. In particular, cultural geography focuses on the material objects of cultural landscapes and their geographical distribution, while social anthropology highlights specific features of people's religious discourse and practices and analyses social processes that shape the modern world landscape. The term *religious landscape* can be used in the following ways, depending on how it is operationalized. First, it refers to the totality of material objects associated with religion. Secondly, it refers to the places where rituals take place. Finally, it refers to the territory in which followers of particular religious traditions live. The term *religioscape* implies a situation of conflict or complementary interaction between followers of different religions sharing the same space. *Sacred landscape* is sometimes applied as a synonym for the term *religious landscape* meaning a set of religious material objects. Sometimes it means a complex of natural places or objects of worship (mountains, hills, swamps, and others) that provides a general framework for various individual religious landscapes within it. The term *sacroscape* refers to the historically formed material manifestations of religiosity influencing both contemporary people and earth's surface. The term *spiritual landscape* has several basic meanings. On the one hand, it is used as a synonym for *religious landscape* or *sacred landscape*. Secondly, it serves as a broader, generalizing term to describe all aspects of human interaction (ideas, objects, practices) with the supersensible world. Finally, the term *spiritual landscape* refers to spaces of not only ritual but also everyday practices.

Keywords: landscape studies, cultural landscape, religious landscape, sacred landscape, spiritual landscape

REFERENCES

- Allerton C. Introduction: Spiritual Landscapes of Southeast Asia. *Anthropol. Forum*, 2009, vol. 19, no. 3, pp. 235–251. <http://doi.org/10.1080/00664670903278387>
- Anttonen V. Landscapes as Sacrosapes: Why Does Topography Make a Difference. In *Sacred Sites and Holy Places. Exploring the Sacralization of Landscape Through Time and Space*. Nordeide S.W., Ed. Turnhout: Brepols, 2013, pp. 13–32. <http://doi.org/10.1484/M.SEM.1.101564>
- Appadurai A. *Modernity at Large: Cultural Dimensions of Globalisation*. Delhi: Oxford Univ. Press, 1997.
- Bobrov I.V., Cherepanov M.S. The Muslim Landscape of Tyumen Region: Places, Size, and Socio-Demographic Composition of Urban Prayer Meetings. *Islamoved.*, 2019, no. 4, pp. 46–58. (In Russ.). <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2018-43-4-193-203>
- Bovensiepen J. Spiritual Landscapes of Life and Death in the Central Highlands of East Timor. *Anthropol. Forum*, 2009, vol. 19, no. 3, pp. 323–338. <https://doi.org/10.1080/00664670903278437>
- Büttner M. On the History and Philosophy of the Geography of Religion in Germany. *Religion*, 1980, vol. 10, no. 1, pp. 86–119. [https://doi.org/10.1016/0048-721X\(80\)2990029-9](https://doi.org/10.1016/0048-721X(80)2990029-9)
- Chenoweth J.M. Reconstructing a Changing Religious Landscape: The Material Traces of Barbados Quakers, 1655–1800. *Int. J. Hist. Archaeol.*, 2019, vol. 23, no. 2, pp. 462–495. <https://doi.org/10.1007/s10761-018-0475-0>
- Deffontaines P. The Religious Factor in Human Geography: Its Force and Its Limits. *Diogenes*, 1953, vol. 1, no. 2, pp. 24–37. <https://doi.org/10.1177/039219215300100203>
- Dunn K., Piracha A. The Multifaith City in an Era of Post-secularism: The Complicated Geographies of Christians, Non-Christians and Non-faithful Across Sydney, Australia. In *The Changing World Religion Map: Sacred Places, Identities, Practices and Politics*. Brunn S.D., Ed. New York: Springer, 2015, pp. 1635–1654. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9376-6_86
- Dwyer R. The Swaminarayan Movement. In *South Asians in the Diaspora: Histories and Religious Traditions*. Jacobsen K.A., Kumar P.P., Eds. Leiden; Boston: Brill, 2004, pp. 180–199.
- Fickeler P. Fundamental Questions in the Geography of Religions. In *Readings in Cultural Geography*. Mikesell M., Wagner P., Eds. Chicago: Chicago Univ. Press, 1962, pp. 94–117.
- Furseth I., Ahlin L., Ketola K., Leis-Peters A. Changing Religious Landscapes in the Nordic Countries. In *Religious Complexity in the Public Sphere*. Furseth I., Ed.

- London: Palgrave Macmillan Cham, 2018, pp. 31–80.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-55678-9_2
- Gorokhov S. Confessional geospace as an object of study of geography of religions. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2014, no. 2, pp. 21–30.
- Gorokhov S. Geography of Religion in Russia and Abroad: The History of Development and the New Challenges. *Vopr. Istorii Estestvozn. Tekh.*, 2019, vol. 40, no. 3, pp. 439–467.
<https://doi.org/10.31857/s020596060005925-9>
- Gunzburg D., Brady B. *Space, Place, and Religious Landscapes: Living Mountains*. London: Bloomsbury Publ., 2021.
<https://doi.org/10.5040/9781350079915>
- Hacket C., Stonawski M. *The Changing Global Religious Landscape*. Washington: Pew Research Center, 2017.
- Hadži Muhamedović S. *Waiting for Elijah. Time and Encounter in a Bosnian Landscape*. New York; Oxford: Berhahn Books, 2018.
<https://doi.org/10.3167/9781785338564>
- Havlíček T., Klingorová K. City with or without God? Features of post–secularism in religious landscape of post-communist Prague. *Soc. Cult. Geogr.*, 2017, vol. 19, no. 6, pp. 789–811.
<https://doi.org/10.1080/14649365.2017.1312696>
- Hayden R., Walker T.D. Intersecting Religioscapes: A Comparative Approach to Trajectories of Change, Scale, and Competitive Sharing of Religious Spaces. *J. Am. Acad. Relig.*, 2013, vol. 81, pp. 399–426.
<https://doi.org/10.1093/jaarel/lft009>
- Ierotopiya. Sravnitelnye issledovaniya sakral'nykh prostranstv* [Hierotopy. Comparative Studies of Sacred Spaces]. Lidov A.M., Ed. Moscow: Indrik Publ., 2009. 372 p.
- Inniger M.G., Vorster J.M., Rheeder R. Changing Religious Landscapes Challenge Confession–Based State Policies on Religion. *In die Skriflig / In Luce Verbi*, 2020, vol. 54, no. 1, pp. 1–10.
<http://doi.org/10.4102/ids.v54i1.2527>
- Jiménez–Higueras Á. *The Sacred Landscape of Dra Abu el–Naga During the New Kingdom: People Making Landscape Making People*. Leiden: Brill, 2020.
- Kilde J.H. Thinking about Religious Space: An Introduction to Approaches. In *The Oxford Handbook of Religious Space*. Kilde J.H., Ed. Oxford: Oxford Univ. Press, 2022, pp. 1–22.
- Koch N., Valiyev A., Zaini K.H. Mosques as Monuments: An Inter–Asian Perspective on Monumentality and Religious Landscapes. *Cult. Geogr.*, 2018, vol. 25, no. 1, pp. 183–199.
<https://doi.org/10.1177/1474474017724480>
- Kong L. Mapping “New” Geographies of Religion: Politics and Poetics in Modernity. *Prog. Hum. Geogr.*, 2001, vol. 25, no. 2, pp. 211–233.
<https://doi.org/10.1191/030913201678580485>
- Kong L. Global shifts, theoretical shifts: changing geographies of religion. *Prog. Hum. Geogr.*, 2010, vol. 34, no. 6, pp. 755–776.
<https://doi.org/10.1177/030913251036260>
- La montaña en el paisaje ritual*. Broda J., Iwaniszewski S., Montero A., Eds. México: CONACULTA INAH, 2001.
- Levine G. On the Geography of Religion. *Trans. Inst. Br. Geogr.*, 1986, vol. 11, no. 4, pp. 428–440.
<https://doi.org/10.2307/621934>
- Maddrell A., della Dora V., Scafi A., Walton H. *Christian Pilgrimage, Landscape and Heritage: Journeying to the Sacred*. New York: Routledge, 2015.
<https://doi.org/10.4324/9780203751893>
- McAlister E. Globalization and the Religious Production of Space. *J. Sci. Study Relig.*, 2005, vol. 44, no. 3, pp. 249–255.
<https://doi.org/10.1111/j.1468–5906.2005.00283.x>
- Miles–Watson J. *Christianity and Belonging in Shimla, North India. Sacred Entanglements of a Himalayan Landscape*. New Delhi: Bloomsbury Academic, 2021.
<https://doi.org/10.5040/9781350050204>
- Moazzen M. *Formation of a Religious Landscape. Shi'i Higher Learning in Safavid Iran*. Leiden: Brill, 2018.
- Mu Y., Nepal S.K., Lai P.H. Tourism and Sacred Landscape in Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Nepal. *Tour. Geogr.*, 2019, vol. 21, no. 3, pp. 442–459.
<https://doi.org/10.1080/14616688.2018.1558454>
- Obadia L. Spatial Turn, Beyond Geography: a New Agenda for Sciences of Religion? *Int. Rev. Sociol.*, 2015, no. 2, pp. 200–217.
<http://doi.org/10.1080/03906701.2015.1039269>
- Ostrovskaya E.A., Alekseeva E.V. Structured Observation as a Method for Studying the Religious Landscape. *Monit. Obshch. Mneniya: Econ. Sots. Peremeny*, 2018, no. 2, pp. 71–115. (In Russ.).
<https://doi.org/10.14515/monitoring.2018.2.04>
- Park C. *Sacred Worlds. An Introduction to Geography and Religion*. London: Routledge, 1994.
<https://doi.org/10.4324/9780203421055>
- Pennick N. *Celtic Sacred Landscapes*. London: Thames and Hudson, 1996.
- Peres Prieto M.F., de Oliveira A.B., Leão F.C., Vallada H., Moreira–Almeida A., Lucchetti G. Religious Landscape in Brazil: Comparing Different Representative Nationwide Approaches to Obtain Sensitive Information in Healthcare Research. *SSM – Population Health*, 2018, no. 6, pp. 85–90.
<https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2018.08.007>
- Pitkin A. Sustaining the Sacred Mountains: Tibetan Environmentalism and Sacred Landscape in a Time of Conflict. In *Volume II. Intellectual History of Key Concepts*. Scott G.A., Travagnin S., Eds. Berlin: De Gruyter, 2020, pp. 181–208.
<https://doi.org/10.1515/9783110547825-010>
- Pluskowski A., Valk H., Szczepański S. Theocratic Rule, Native Agency and Transformation: Post–Crusade Sacred Landscapes in the Eastern Baltic. *Landscapes*, 2018, vol. 19, no. 1, pp. 4–24.
<https://doi.org/10.1080/14662035.2018.1561009>
- Robson J. Power of Place: The Religious Landscape of the Southern Sacred Peak (Nanyue) in Medieval China. Cambridge; London: Harvard Univ. Asian Center, 2009.
<https://doi.org/10.2307/j.ctt1x07vr3>
- Poplavsky R.O., Cherepanov M.S., Bobrov I.V., Shishe–liakina A.L. The Protestant landscape of the Tyumen

- Region: locations, size, and demographic composition of urban church meetings. *Vestn. Arkheol., Antropol. Etnogr.*, 2022, no. 2, p. 191–201. (In Russ.).
<https://doi.org/10.20874/2071-0437-2022-57-2-15>
- Sacred Sites and Holy Places. Exploring the Sacralization of Landscape Through Time and Space.* Nordeide S.W., Ed. Turnhout: Brepols, 2013.
- Scheitle C.P., Finke R. *Places of Faith. A Road Trip Across America's Religious Landscape.* Oxford: Oxford Univ. Press, 2012.
- Setiadi H. Islam and Urbanism in Indonesia: The Mosque as Urban Identity in Javanese Cities. In *The Changing World Religion Map: Sacred Places, Identities, Practices and Politics.* Brunn S.D., Ed. New York: Springer, 2015, pp. 2415–2438.
https://doi.org/10.1007/978-94-017-9376-6_127
- Sidorov D. Changing Russian Orthodox Landscapes in Post-Soviet Moscow, in *The Changing World Religion Map: Sacred Places, Identities, Practices and Politics.* Brunn S.D., Ed. New York: Springer, 2015, pp. 2453–2472.
https://doi.org/10.1007/978-94-017-9376-6_129
- Streletsky V., Gorokhov S. Cultural Geography in Russia in the Early 21st Century: Current State and Key Research Areas. *Reg. Res. Russ.*, 2022, vol. 12, no. 1, pp. 67–79.
<https://doi.org/10.1134/S2079970522020083>
- Takahashi S. Image of the Religious Landscape in the USSR in 1965-1985 (on the Example of the Solovki Museum-Reserve). *Vestn. Evrazii*, 2008, no. 4, pp. 9–26. (In Russ.).
- The Changing Religious Landscape of Europe.* Knippenberg H., Ed. Amsterdam: Het Spinhuis, 2005.
- Turner B.S. Religion and Politics: Nationalism, Globalisation and Empire. *Asian J. Soc. Sci.*, 2008, vol. 34, no. 2, pp. 209–224.
<https://doi.org/10.1163/156853106777371175>
- Tweed T.A. *Crossing and Dwelling: A Theory of Religion.* Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press, 2008.
- Vermander B., Hingley L., Zhang L. *Shanghai Sacred: The Religious Landscape of a Global City.* Seattle: University of Washington Press, 2018.
- Wanner C. New Religious Movements and “Alternative Morality” in Ukraine. In *Izobretenie religii: desekulyarizatsiya v postsovetском kontekste* [The Invention of Religion: Desecularization in the Post-Soviet Context]. Kormina Zh., Panchenko A., Shtyrkov S., Eds. St.-Petersburg: Izd-vo Evrop. Univ., 2015, pp. 214–232. (In Russ.).
- Zelinsky W. The Uniqueness of the American Religious Landscape. *Geogr. Rev.*, 2001, vol. 91, no. 3, pp. 565–585.
<https://doi.org/10.1111/j.1931-0846.2001.tb00241.x>

К ИТОГАМ ТВОРЧЕСКОЙ ЖИЗНИ Б.Б. РОДОМАНА

(29 МАЯ 1931, МОСКВА – 26 ДЕКАБРЯ 2023, МОСКВА)

Скончался выдающийся российский географ Борис Борисович Родоман. Экономико-географ по образованию, глубоко развивший сюжеты Н.Н. Баранского, он жил, работал и мыслил себя в единой географии, не вместо отдельных географий, но вместе. Родоман создал оригинальную версию теоретической географии и реализовал ее в ландшафтно-экологических проектах. Его *теоретическая география* концептуально выразила специфику природно-культурного ландшафта России и классической российской географии. Труды Бориса Борисовича навсегда стали ее лично-теоретическим эпилогом. Родоман ясно сознавал свою научную родословную: А. Гумбольдт – И. Тюнен – В.В. Докучаев – В.П. Семенов-Тянь-Шанский. Наверное, единственная единая география как целое сегодня в России – теоретическая география Родома-на.

Родоман был высокий профессионал, настоящий ученый-исследователь. Его доклады и тексты были обильны, книги стали классикой. Просвещенный патриот, публичный интеллект-уал, он трепетно переживал судьбу ландшафта и судьбу науки о нем. Яркая, глубокая содержанием публицистика пронизана заботой о ландшафте страны – важной составляющей ее судьбы. Теоретическая фантазия, воодушевляемая экологической и этической ценностью ландшафта, создала самобытные взаимосвязанные концептуальные проекты поляризованного ландшафта и глобальной экологической роли России.

Для Б.Б. Родома-на главный предмет всей географии – *сплошная ткань ландшафта* в географической оболочке Земли; не связанные с ландшафтом явления не входят в сферу географии. Атрибуты полноценного географического исследования – карты, путешествия и районирования; иное не отрицалось.

Обыденному сознанию важны, интересны и ценны отдельные конкретные места, географическому – все места во взаимосвязи, теоретико-географическому – концептуальные схемы устройства сплошного природно-культурного ландшафта. Его рисунок сложно-закономерен, это повторяющиеся и сплетающиеся узоры. Данные в узорах идеальные формы ландшафта (не очертания) и есть предмет теоретической географии. Общность категориального строя позволяет видеть структурное сходство и взаимодействие разных слоев ландшафта. Специфика версии Родома-на – *теоретическая морфология*

ландшафта. Противоречие индивидуальности и универсальности как феноменов и подходов здесь мнимое. Конкретности видятся как реализации, совмещения, интерференции, etc. идеальных форм. В концепциях Родома-на соединено районирование и теоретизирование ландшафта.

Наша труднодоступная для изучения огромная своеобразная держава – вызов для исследователя. Теоретическая география вызов приняла. Родоман сотоварищи дал концептуальный портрет ландшафта большого целого пространства. Теоретическая география в понимании Родома-на оказалась теоретической географией России, выросшей из глубочайшего личного проживания и научного освоения любимого Борисом Борисовичем (Большого) Подмоскovie; он сам это ясно понимал. Родоман и жил не в географической точке – в большом крае.

Теоретическая география Родома-на пропитана духом познавательных путешествий и обогащена их результатами – *путешествиями теоретика*. В географии всегда, даже при обилии спутниковых и иных данных и способов их обработки, реалии ландшафта постижимы непременно “ногами и глазами”, содержательно оснащенными. Иначе такая картина заведомо неполна. Результаты профессиональных познавательных путешествий – не субъективности, но научное экспертное знание, именно оно дает целостный образ территории. *Визуально-интуитивное теоретизирование* – так Родоман назвал свой метод. Соединство теоретизирования и путешествия в личностном знании и дало главные результаты Родома-на – от районистики до поляризованной биосферы. Их объем очень значителен, а смысл еще будет открываться. Но особый образ творческой жизни Родома-на не может быть общим примером.

Родоман говорил, мыслил и писал ясно, красиво, вразумительно. Его почерк – ярчайшие теоретические фантазии, выраставшие из конкретных (даже малых) мест, воплощенные в проработанных концептуальных схемах. Превосходен новый жанр – *концептуальная лирика ландшафта*. Дар теоретика и художественный вкус дали очень важное изобретение географической картографии. Синтез теоретических схем и цветных тематических карт – *картоиды*, карты идеальных ландшафтов. Красота и содержательная глубина картоидов сделала их подлинными произведениями искусства. Налицо

три эпонимические конструкции — *теоретическая география Родомана, Поляризованная биосфера Родомана, картоиды Родомана*.

Истинный новатор, Родоман чтит традиции. Читая немного, но понимая глубоко, Родоман развивал классиков. Но карт он читал много; скучал по громадным настенным картам в коридорах геофака МГУ. Заново вникнув в ландшафтное районирование и административное деление СССР, он создал и формальную районистику, и свою морфологию узловых районов. Невнятную задачу “охраны природы” Родоман осознал как поиск теоретически обоснованных *оптимальных форм ландшафта*.

Именно потому, что Борис Борисович не раз получал карьерные травмы¹, он был благодарен учителям и покровителям. Аристократизм ученого и демократизм туриста совмещались. Лидер небольшой московской группы самостоятельных походных туристов, Родоман ценил и любил свою компанию; наши походы были и путешествиями, и семинарами. Его путешествия — образ жизни, даже произведения искусства. Многим он открыл Подмосковье. Большая статья “Подмосковье, что мы потеряли” (совместно с В.Л. Каганским — работа шла и за два дня до кончины Бориса Борисовича) близка к завершению.

Уроки Родомана: ученый-географ — не когнитивный автомат, он творчески живет в ландшафте; путешествия незаменимы; зрение переходит в умозрение; большие результаты — обычно удел больших ученых, а не коллективов; глубина охвата материала важнее объема; традиции предполагают и свободу от профессиональных гетто; высшая объективность ученого достигается и усилием всей личности; свой путь в науке — огромный риск и ответственность.

Родоман ценил работы А.Г. Исаченко, Е.Е. Лейзеровича, А.Е. Осетрова, А.Н. Ракитникова; всех не перечислить. Плодотворно было влияние Родомана на его поколение — А.Д. Арманда, Ю.А. Веденина, Е.Е. Лейзеровича, Л.В. Смирнягина. Подход, результаты, личность Родомана обогатили труды и следующих поколений — Т.И. Герасименко, Д.Н. Замятина, В.Л. Каганского², М.И. Карпеля, В. Кицеса, М.П. Крылова, А.Е. Левинтова, Т.Г. Нефедовой, С.А. Тархова, А.И. Трейвиша, Е.А. Шварца, В.Е. Шувалова, В.А. Шупера, В.П. Чижовой, Б.М. Эккеля и некоторых других ученых; это факты, а не оценки. Родоман верно служил географии и достойно ее представлял в междисциплинарных контактах — в архитектуре, методологии науки, теоретической биологии, теории классификации etc.; был любим и признан. Его

высоко ценили С.Г. Кордонский, А.Г. Раппапорт, С.В. Чебанов, Т. Шанин, Ю.А. Шрейдер, что было взаимно.

Разрыв ветвей географии, распри и сомнения по поводу “единства географической науки” для Родомана были трагичными, исчезала сердцевина географии. Родоман мечтал о сплошности и единстве и географии, и ее предмета, культурного ландшафта. Отрицание единства географии многими коллегами-географами было для него болезненно, но не было неожиданным.

Фундаментальное знание в форме концепций на основе базовых категорий, к тому же ярко проиллюстрированное (ярко буквально, цветными картоидами), очень прочно, потому у трудов Родомана может быть долгая жизнь — стал же Тюнен актуален через век после публикации его знаменитой книги.

Родоман был человек цельный. Он жил в ландшафте и в мире науки и любил их, нераздельно и неслиянно. Реакции на Родомана обычно были остры и различны до полярности. Велико было обаяние интеллекта. Нескрываемая индивидуальность, особость облика, манер, образа жизни и мысли создавали ему трудности. *Награда была дана еще в этом мире — сплошная творческая свежесть и продуктивность с юных лет до самой кончины.*

ОСНОВНЫЕ ТРУДЫ Б.Б. РОДОМАНА

Территориальные ареалы и сети. Очерки теоретической географии. Смоленск: Ойкумена, 1999. 256 с.

Поляризованная биосфера: Сб. статей. Смоленск: Ойкумена, 2002. 336 с.

География, районирование, картоиды: Сб. трудов. Смоленск: Ойкумена, 2007. 368 с.

Культурный ландшафт и судьба России. М.: Директ-Медиа, 2023. 488 с.

Центральная Россия. Ландшафт, общение, искусство. М.: Гелиос АРВ, 2012. 512 с. (Соавтор М.Р. Сигалов).

О ЖИЗНИ И ТРУДАХ Б.Б. РОДОМАНА

Борис Борисович Родоман: Биобиблиографический справочник. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2021. 118 с.

Каганский В.Л. Пространство в теоретической географии школы Б.Б. Родомана: итоги, проблемы, программа // Изв. РАН. Сер. геогр. 2009. № 2. С. 1–10.

Каганский В.Л. Развивающая критика теоретической географии Б.Б. Родомана // Проблемы теоретической и гуманитарной географии: Сб.

¹ Всю жизнь стремясь работать именно в академическом Институте географии и побывав там в аспирантуре, Родоман так и не был принят в штат (но в 1990 г. именно в ИГ АН СССР блестяще защитил докторскую диссертацию); из МГУ в 1984 г. был изгнан.

² Родоман не раз писал, что В.Л. Каганский развил его подход и двинулся дальше.

научных статей, посвященный 80-летию со дня рождения Б.Б. Родомана. М.: Институт Наследия, 2013. С. 84–113.

Концепция поляризованной биосферы: научные истоки, междисциплинарный контекст и значение для социально-экономической географии: сборник научных материалов / отв. ред. В.Н. Стрелецкий; науч. ред. А.В. Старикова, Т.Ю. Кондакова. Ярославль: РИО ЯГПУ, 2022. 147 с.

Левинтов А.А. Всю жизнь опережая жизнь // Проблемы теоретической и гуманитарной географии: Сб. научных статей, посвященный 80-летию со дня рождения Б.Б. Родомана. М.: Институт Наследия, 2013. С. 35–43.

ографии: Сб. научных статей, посвященный 80-летию со дня рождения Б.Б. Родомана. М.: Институт Наследия, 2013. С. 35–43.

Смирнов Н. Борис Родоман. Дискретизация территории: тело и текст // Художественный журнал. 2016. № 96. С. 98–105.

Чебанов С.В. Б.Б. Родоман: дело, личность, эпоха // Проблемы теоретической и гуманитарной географии: Сб. научных статей, посвященный 80-летию со дня рождения Б.Б. Родомана. М.: Институт Наследия, 2013. С. 44–64.

*В.Л. Каганский,
сотрудники Института географии РАН*